Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

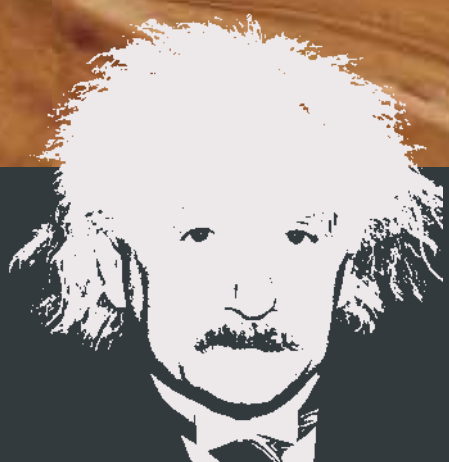
Mai 5/2005
€ 6,50 / sFr 12,50

EISIGE FLUTEN AUF MARS

Forscher entdecken Seen und Gletscher

MILCHSTRASSE
Die bewegte Vergangenheit unserer Heimatgalaxie

LICHTER DER METROPOLE
Sterne beobachten am Stadthimmel



SPEKTIVE: Kleine Fernrohre oder halbe Feldstecher?
EINSTEIGERECKE: Wenn Sterne flackern

EINSTEIN: Auf der Fährte des Physikers

60463

4 196046 306506 05

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Überraschungen beim Nachbarn ...

... hätte man eigentlich nicht mehr erwartet: Dass auf dem Mars einst Wasser geflossen sein muss, hat man inzwischen den Meldungen der beiden Nasa-Rover schon weit gehend entnommen. Auch die ersten Aufnahmen von Gerhard Neukums Spezialkamera auf dem »Mars Express«-Satelliten zeigten schon im letzten Jahr die unglaublichsten Details. Jetzt geht der Krimi weiter, auch wenn die Deutung einzelner Oberflächenstrukturen häufig umstritten ist: Lavaflüsse am 25 Kilometer hohen Vulkan Olympus Mons, die höchstens zwei Millionen Jahren alt sind? Ein Meer von der Größe der Nordsee mit zerbrochenen Platten ähnlich wie im irdischen Packeis? Mit Staub bedeckte Gletscher an Berghängen? Eines ist sicher: Die neuen Aufnahmen eines vulkanisch aktiven Mars zeichnen ein anderes Bild unseres Nachbarplaneten, von dem alle glaubten, er sei nicht viel mehr als ein toter Brocken im All.

Unsere Mitarbeiterin Carolin Konerman war dabei, als auf einer Tagung der Estec, dem Technologiezentrum der Raumfahrtbehörde Esa im niederländischen Noordwijk, die aufregenden Erkenntnisse über unserem Nachbarplaneten präsentiert und diskutiert wurden (S. 12). Kein Wunder, dass nun auch wieder über Lebensspuren im roten Sand spekuliert wird. Keiner wäre wirklich überrascht: Denn in der – einst viel wärmeren – Frühzeit des Planeten gab es wahrscheinlich ausreichend Wasser, chemische Rohsubstanzen und vulkanische Energie. Noch heute könnten also damals entstandene Mikroorganismen im Permafrost überwintern. Gespannt darf man sein, was herauskommt, sobald Mars Express demnächst mit Radarmessungen beginnt: ein Blick unter die Oberfläche!

Das bringt mich zu direkt zu den Plänen der Nasa, den Mars (neben dem Mond) mit Besuchen zu beehren, vielleicht gar kleine Forschungsstationen zu installieren, so wie es die amerikanische Weltraumbehörde gemäß George W. Bush irgendwann leisten soll. Gerade las ich das Büchlein »Heimat Weltall« des Raumfahrt-Journalisten Hans-Arthur Marsiske (Edition Suhrkamp 2396, Frankfurt 2005). Ein origineller Typ, der sich (laut Webseite) mit »Leben in Weltraumsiedlungen, Beziehungsproblemen mit Robotern« sowie »Missverständnissen mit Außerirdischen« befasst. Ein Kapitel dreht sich auch um bemannte Missionen zum Mars – unter anderem. Marsiske ist ein ungebremster Kulturoptimist. Der Menschheit rät er »den großen Sprung zu wagen, einen Sprung, der nicht nur zu anderen Planeten, sondern auch auf eine neue kulturelle Evolutionsstufe führen kann«.

Ich habe diese Utopien gerne gelesen, hat er mich doch sehr an Sciencefiction-Romane erinnert, die ich als Jugendlicher verschlungen habe, beispielsweise an Robert Heinleins »The Moon is a harsh Mistress« oder »Red Planet«. Die Magie des Weltraums scheint ungebrochen die Fantasie der Menschen zu beflügeln und mir geht es, als gelerntem Astrophysiker, oft nicht anders; da will man gar nicht weiter über das schleichende Elend etwa der Raumstation ISS nachdenken – und träumt sich lieber hinein in die große Besiedlung des Weltraums. Es gibt schlechtere Möglichkeiten, einen netten Abend am Kamin zu verbringen.

ANZEIGE

INHALT

Astro News 8
Keine Dunkle Materie in der Milchstraße? Rosetta fotografiert Erde; Hans Bethe gestorben u. a.

▶ **Der Kriegsgott schläft nur** 12
Mars Express sendet verblüffende Bilder zur Erde

▶ **Einstein, überall Einstein** 18
Die Theorien des berühmten Physikers spielen im Alltag kaum eine Rolle? Weit gefehlt!

▶ **Spurensuche** 24
Was die Bewegung der Sterne über die Geschichte der Milchstraße verrät

▶ **Astronomie in der Stadt** 32
Auch am aufgehellten Himmel sind Beobachtungen möglich

SKYLINE

Nahaufnahme 38
Schön wie selten: der Ringplanet Saturn glänzt am Himmel

Feldstechertipp 41
Der Kugelsternhaufen M4 lässt sich auch im Fernglas gut auflösen

Sterntafel 42
Der Himmel im Mai als Karte und Nachthimmelansicht

Planetarium 44
Sonne, Mond, Planeten und der Große Wagen im Mai

SZENE

Planetarien 46
Teil 2: 75 Jahre Planetarium Hamburg

Kippenhahns Sternstunde 48
Populäre Autoren des letzten Jahrhunderts

Unterwegs 50
Von Harry-Potter-Ferien bis zum größten Linsenfernrohr der Welt hat Berlin Einiges zu bieten

Einsteinjahr 2005 52
Europas größter Physikkongress fand in Berlin statt

Titelbild: Computergeneriertes Panoramabild des neu entdeckten Marsgletschers: ESA / DLR / FU Berlin, Gerhard Neukum

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

Rätselhafte Milchstraße 24

Unsere Heimatgalaxie entstand vermutlich auf wesentlich kompliziertere Weise als bislang angenommen

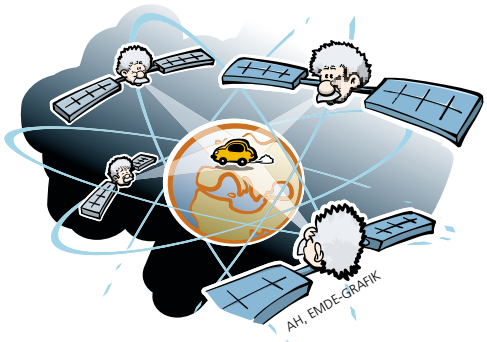
TITEL 12

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

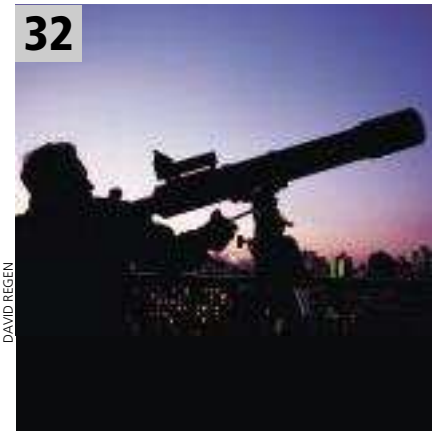
Der Rote Planet ist deutlich lebendiger als bisher gedacht: Die Sonde Mars Express fotografierte Vulkane, Gletscher und einen See

Allgegenwärtig 18

Ob wir den Sternhimmel beobachten, Fotos knipsen, Musik-CDs anhören oder ein GPS-Navigationssystem benutzen – meist hat Einstein seine Finger im Spiel



32



DAVID REGEN

Astrospaß im Großstadtdschungel

Viele Objekte sehen am hellen Stadtfirmament fast genauso gut aus wie unter einem dunklen Landhimmel

S&T, DENNIS DI CICCO

52

U. TÜBINGEN, MARC BORCHERS

Geballtes Wissen

Wie sieht die Welt bei einer Milliarde Kilometer pro Stunde aus? Wie viel Weltraumschrott kreist um die Erde? Dies und mehr war unlängst in der Bundeshauptstadt zu erfahren

EVANS AND SUTHERLAND

Multimedia-Show 46

Im Hamburger Planetarium sind nicht nur baulich neue Zeiten angebrochen. Digitale Simulationen machen den Kosmos jetzt hautnah erlebbar

Nachbarn im Blick 60

Sie möchten Mond und Planeten durch ein Teleskop fotografieren? Schon mit bescheidenen Mitteln gelingen Ihnen fantastische Aufnahmen

NIGHT SKY, C. M. UTTER

TIPPS&TOOLS

Astronomie Online 59
Mit Einstein@home können Sie nach Gravitationswellen suchen

Astrofotografie 60
Den Mond und die Planeten mit Hilfe von Teleskopen aufnehmen

▶ **Testreport** 66
Sie sind keine vollwertigen Fernrohre – aber dafür stärker als jeder Feldstecher. Spektive im Überblick

Glanzlichter 70
Mit einfachen Mitteln lassen sich faszinierende Effekte erzielen

▶ **Einsteigerecke** 74
Wenn Sterne flackern, sind häufig Luftunruhen schuld

Bücher 76
Deep Space und Einstein-Biografie

TV & Events 78
Außenposten Mars, Flucht ins All

Editorial 3

Leserbriefe / Leser fragen – Experten antworten 6

Preisrätsel / Kleinanzeigen 79

Vorschau / Impressum 82

NASA, JPL / CALTECH

Ungleiche Geschwister Noch immer sind nicht alle Rätsel der Entstehung unseres Monds gelöst.

Verschwundene Mondmasse

»Wie der Mond zu seinem Gesicht kam«
AH 3/2005, S. 16

Die Theorie, der Mond sei durch einen Zusammenstoß der Erde mit einem Planeten der Größe des Mars entstanden, hat ein Grundproblem: Vergleicht man die Massen der drei beteiligten Himmelskörper vor und nach dem Impakt, stellt man fest, dass ein Teil der Gesamtmasse verschwunden ist. Wo ist diese geblieben und was ist mit dem Wasservorrat passiert? Müsste nicht auch das gesamte Erdmaterial geschmolzen sein?

Heinz Baltes, Essen

Antwort des Autors:
Man nimmt an, dass die Erde einen Teil der Masse absorbiert hat, also gewachsen ist, und dass ein anderer Teil in Form von Meteoriten das Erde-Mond-System wieder verlassen hat. Ein weiterer Anteil der Ausgangsmasse wurde vollständig verdampft, ionisiert und vom Sonnenwind davongetragen. Der Teil, der von der Erde absorbiert wurde, bestand Computermodellen zufolge hauptsächlich aus dichtem Kernmaterial. Die Simulationen zeigen auch, dass nach dem Einschlag ein Viertel der Erdkruste aufgeschmolzen war. Die Rolle des Wassers bei dieser Kollision ist Thema mehrerer wissenschaftlicher Abhandlungen. Es muss eine große Menge Wasser bei der Kollision verdampft und in den Weltraum entwichen sein. Auffallend ist, dass sich unser Trabant stark von den anderen Monden im Sonnensystem unterscheidet. Mit Ausnahme des Plutomonds Charon ist er im Verhältnis zur Masse seines Zentralkörpers der schwerste natürliche Satellit. Und, wie schon im Artikel beschrieben, ist die Mineralogie seiner Oberfläche einzigartig.

Fehlende Komponenten

»Auftritt zweier Brüder«
AH 3/2005, S. 44

Bis vor Kurzem war Kastor noch ein Sternsystem mit sechs Komponenten. Könnte uns Herr Schaaf in einem seiner nächsten Planetarien erklären, wo die vier Sterne geblieben sind?

Klaus Schulz, Cuxhaven

Antwort der Redaktion:
Dass Kastor insgesamt sechs Komponenten hat, ist natürlich richtig. Da wir aber in der Rubrik »Planetarium« Objekte vorstellen, die sofern nicht anders angegeben mit einfachsten Mitteln beobachtbar sind, wurden an dieser Stelle nur Kastor-A und Kastor-B erwähnt. Abgesehen vom fünf beziehungsweise sechs Magnituden leuchtschwächeren Roten Zwerg Kastor-C handelt es sich bei den anderen drei Sternen um Komponenten, die dem »normalen« Beobachter verborgen bleiben. Derlei Informationen sind daher für viele Leser nicht zwingend relevant und können aus Platzgründen nicht immer erwähnt werden.

Dämmerunszeiten

»Mit bloßem Auge«
AH 4/2005, S. 68

In Ihrem Beitrag wird die bürgerliche Dämmerung bei –6,5 Grad und die astronomische bei –16 Grad angegeben. In allen mir bekannten Tabellenwerken werden aber für die drei Dämmerungsarten bürgerlich, nautisch und astronomisch die Werte –6, –12 und –18 Grad als Grenzen genannt. Gibt es eine abweichende Definition, die eventuell atmosphärische Faktoren wie Refraktion miteinbezieht?

K. Wolfram, per E-Mail

Antwort des Autors:
Die drei Sonnenhöhen für bürgerliche (–6 Grad), nautische (–12 Grad) und astronomische Dämmerung (–18 Grad) sind die heutigen Definitionen. Sie beziehen sich auf den geometrischen Mittelpunkt der Sonnenscheibe. Der Ursprung der Werte –6,5 Grad und –16 Grad für die Sonnenhöhen ist unklar. Sie wurden aber zumindest noch bis in die1980er Jahre in der Literatur verwendet, obwohl schon damals die relevanten Sonnenhöhen auf –6, –12 und –18 Grad festgelegt waren.

Zeitmessung

»Auf die Sekunde genau«
AH 1-2/2005, S. 32

Die Probleme, die Zeitmessung mit der Natur in Einklang zu bringen, sind nicht erst mit der Moderne entstanden. Aus den gleichen Gründen wurde schon im Mittelalter das Kalenderwesen reformiert. Es sollte auch weiterhin das Bestreben sein, unsere Zeitmessung der Natur anzugleichen und nicht, die Zeit unseren Zeitmessern.

Andreas Dumm, Köln

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Welche Elemente können durch Kernfusion in Sternen, die sich später zu Weißen Zwergen entwickeln, gebildet werden?

Erich Schweiger, per E-Mail

Abgesehen von Wasserstoff, Helium und Lithium, die zum Teil noch aus der Zeit des Urknalls stammen, entstehen die Elemente ausschließlich im Innern der Sterne. Welche Atomsorten sich bei den Kernreaktionen bilden, hängt allein von der Sternmasse ab. Alle Sterne mit bis zu acht Sonnenmassen beenden ihr Leben als Weiße Zwerge. Die meiste Zeit verbringen sie damit, Wasserstoff zu Helium zu verbrennen. Ist ihr Wasserstoffvorrat erschöpft, reicht die Energieproduktion nicht mehr aus, um das Gleichgewicht von Schwerkraft und Strahlung aufrechtzuerhalten. Der Stern muss kontrahieren, um neue Energie zu gewinnen. Die dabei freigesetzte Wärme heizt seinen Zentralbereich soweit auf, dass das Heliumbrennen einsetzt. Als Endprodukte entstehen dabei Kohlenstoff und Sauerstoff. Wenn der Heliumvorrat zur Neige geht, muss sich der Stern erneut zusammenziehen, um weiter Energie zu produzieren. Bevor jedoch die Temperatur erreicht wird, bei der das Kohlenstoffbrennen zünden würde, gehen die Elektronen in einen besonderen physikalischen Zustand über, sie »entarten«. Dies verhindert eine weitere Aufheizung des Sterninnern. Da nun keine weiteren Kernfusionen mehr stattfinden können, entwickelt sich der Stern zum Weißen Zwerg. Die Elemententstehung endet in derartigen Sternen beim Sauerstoff.

Seltener entwickeln sich schwerere Sterne mit über acht bis um die zehn Sonnenmassen zu Weißen Zwergen. Da sie auch Kohlenstoff verbrennen, entstehen in ihrem Innern noch weitere Atomarten. Modellrechnungen besagen, dass in solchen Sternen durch nukleare Reaktionen Elemente gebildet werden, die mindestens bis zum Aluminium reichen. **>> Otmar Stahl**

Der Autor arbeitet an der Landessternwarte Heidelberg über heiße Sterne.

Auch die Sonne wird am Ende ihres Lebens zum Weißen Zwerg werden und im Innern eines farbenprächtigen Planetarischen Nebels wie NGC 2440 auskühlen.

H. BOND, STSCI / R. CIARDULLO, PSU, NASA

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

ANZEIGE

MILCHSTRASSE

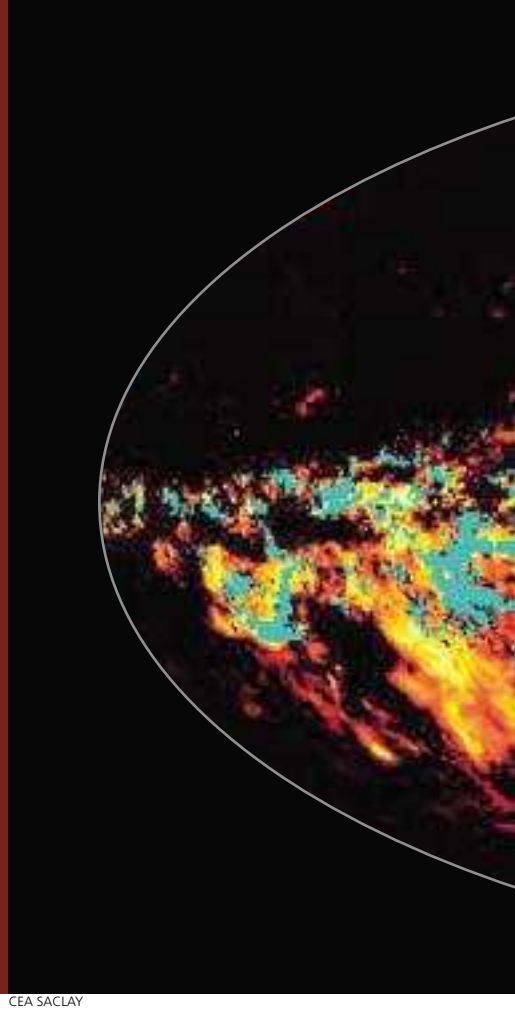
Doch keine Dunkle Materie?

Wenn die Forscher um Isabelle Grenier von der Université Paris Recht haben, gibt es in der Milchstraße doppelt so viel »normale« Materie wie bisher angenommen. Für den Zusammenhalt der Galaxis wäre dann die bisher vermutete Dunkle Materie überflüssig.

Indem sie die Daten verschiedener Radio-, Infrarot- und Gammastrahlen-Observatorien kombinierten, gelang es den Forschern, die interstellaren Materiewolken im Umkreis von 1500 Lichjahren zu kartieren. Dabei stießen sie auf bisher unbekannte Mengen kalten Wasserstoffs.

Während sich die relativ warmen Wolken durch ihre Abstrahlung von Radiowellen messen lassen, sind die kalten Wasserstoffatome nur schwer nachweisbar und werden deshalb leicht übersehen.

Auf der Basis von Hochrechnungen vermuten Grenier und ihre Mitarbeiter, dass die Milchstraße ausreichend viel normale, also sichtbare Materie enthält, um die beobachteten Gravitationsverhältnisse zu erklären. Bisher konnte die Gestalt unserer Galaxis nur durch die Existenz Dunkler Materie erklärt werden, die sich allein durch ihre Schwerkraft verrät, und ohne deren Einfluss die Milchstraße auseinander driften würde.



Die Wolken aus Wasserstoff (blau) sind umgeben von großen Mengen schwer messbarer aber »normaler« Materie (gelb, rot).

CEA SACLAY

EXOPLANETEN I

Stern oder Planet?

Astronomen haben mit Hilfe des Very Large Telescope in Chile einen ungewöhnlichen Stern aufgespürt. Es handelt sich um einen Begleiter des sonnenähnlichen Gestirns Ogle-TR-122 im Sternbild Schiffskiel. Der Stern verfügt lediglich über die 96fache Masse des Jupiters. Er ist also kaum ein Zehntel so schwer wie die Sonne und mithin der bisher leichteste bekannte Stern. Überdies ist er nur 16 Prozent größer als der Jupiter.

Derart leichte und winzige Gestirne sind interessant, da sie sich im Grenzbereich zwischen echten Sternen, Planeten und Braunen Zwergen befinden. Sie verfügen kaum über genügend Masse, um die Kernfusion in ihrem Innern zu zünden. So auch der neu entdeckte Stern: Er erzeugt zwar – wie alle Sterne – Energie durch Kernfusion, aber nur in sehr bescheidenem Umfang. Könnte man ihn aus der Nähe betrachten, würde er sich vermutlich kaum von einem Gasplaneten wie Jupiter unterscheiden.

CASSINI

Die Atmosphäre des Enceladus

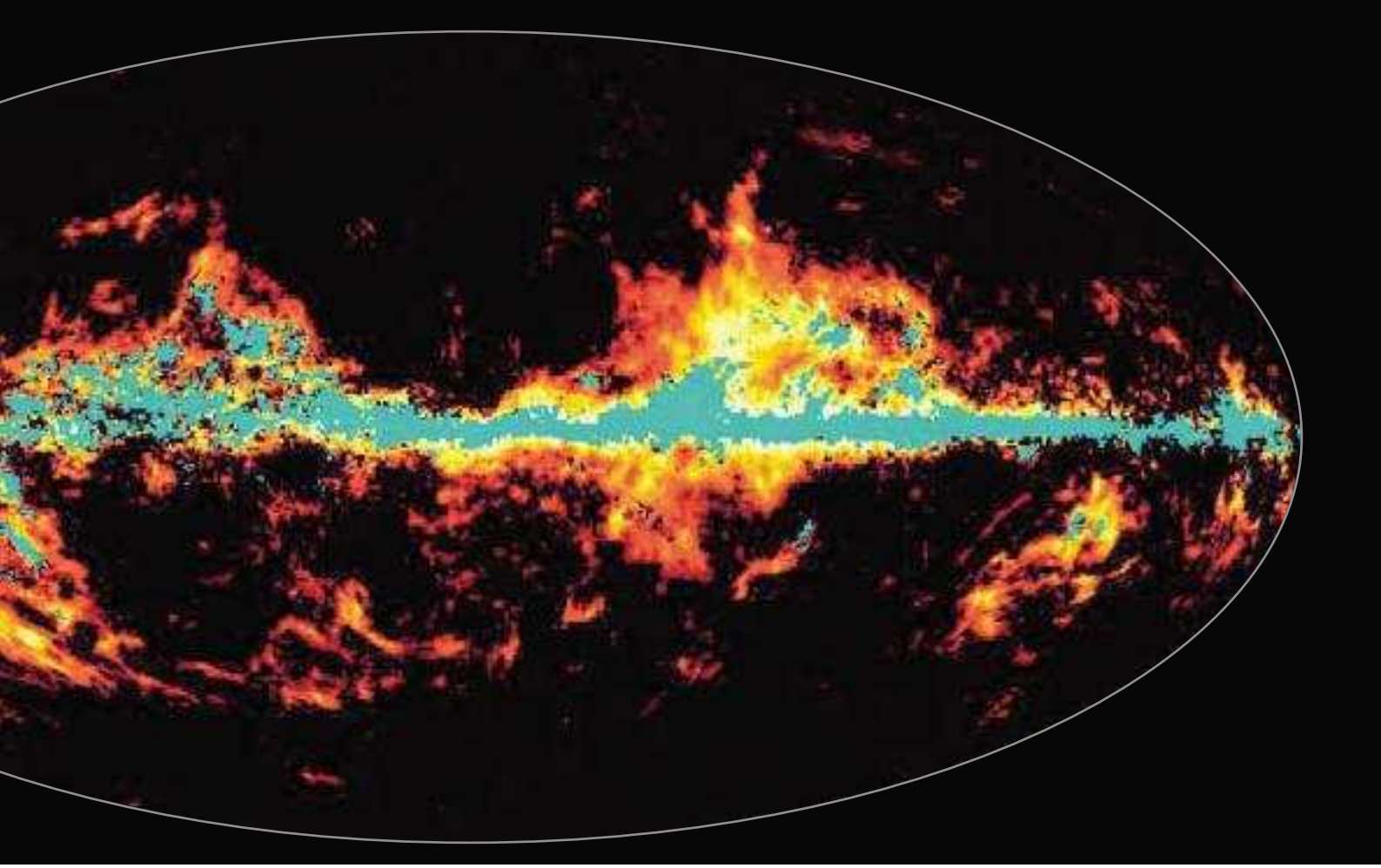
Der Saturnmond Enceladus besitzt offenbar eine Atmosphäre. Die Nasa-Sonde Cassini hat Krümmungen und Vibrationen im Magnetfeld des kleinen Monds gemessen, die auf ionisierten Wasserdampf schließen lassen. Michele Dougherty vom Imperial College in London und ihre Kollegen vermuten, dass das Wasser von der Oberfläche oder aus dem Innern des Monds stammt.

Da der Mond mit nur 500 Kilometer Durchmesser so klein ist, dass er mit seiner Schwerkraft keine Atmosphäre halten kann, deuten die messbaren Gase auf stetig nachliefernde Quellen.

Sollten weitere Messungen bestätigen, dass es sich nicht um einzelne, zeitlich begrenzte Gasausbrüche handelt, wäre Enceladus neben dem Jupitermond Io und Neptuns Trabanten Triton der dritte geologisch aktive Mond im Sonnensystem. In Saturns Gefolge galt bisher Titan als der einzige Trabant mit einer Atmosphäre.

Der kleine Saturnmond Enceladus ist kaum 500 Kilometer groß. Seine Oberfläche ist von schneeweißem Eis geprägt und reflektiert über neunzig Prozent des Sonnenlichts.

NASA, JPL



MARS

Wirbelwind putzt Marsgefährt

Über den Marsrover Spirit zog unlängst ein Wirbelsturm hinweg – und pustete zur Freude der Ingenieure den Staub von den Solarzellen des Roboters. Damit dürfte sich die Einsatzdauer des Gefährts auf dem Mars noch einmal deutlich verlängern.

Die beiden Marsrover Spirit und Opportunity befinden sich auf dem Roten Planeten in äußerst staubiger Umgebung, was ihre Technik zunehmend beeinträchtigt. Vor allem die Verschmutzung der Solarpaneele bereitet den Technikern immer wieder Sorge. Denn sie hat zur Folge, dass die den Robotern zur Verfügung stehende elektrische Leistung immer weiter nachlässt. So war die nachmittägliche Energieausbeute von Spirits Solarzellen in den vergangenen Wochen bereits auf sechzig Prozent gefallen, verglichen mit dem Zustand kurz nach der Landung auf dem Mars.

Doch Anfang März beobachteten die Wissenschaftler zahlreiche kleine Wirbelstürme, so genannte Staubteufel, im Gusev-Krater, in dessen Nähe sich Spirit derzeit aufhält. Einige der mitunter mehrere Kilometer hohen und bis zu 500 Meter durchmessenden Windhosen fegten über den Roboter hinweg und befreiten offenbar auch die Sonnensegel vom Staub. Jedenfalls stieg ihre Leistung mit einem Mal um beinahe das Doppelte an. Auf später aufgenommenen Bildern war der Effekt deutlich zu sehen: Die Solarzellen von Spirit waren tatsächlich deutlich sauberer als vor den Stürmen.

Beide Rover versehen ihren Dienst auf dem Roten Planeten mittlerweile seit über einem Jahr und damit deutlich länger als die ursprünglich geplanten drei Monate.

NASA, JPL / MSSS

Die Staubteufel sind auf dem Mars keine Seltenheit. Meist behindern sie die Sicht und stören die wissenschaftliche Arbeit der Rover. Doch Anfang März waren sie ausnahmsweise von großem Nutzen.

METEORITEN

Rätsel um ungewöhnlichen Meteoritenkrater gelöst

Mit Hilfe eines Rechenmodells sind Forscher dem Rätsel auf die Spur gekommen, warum es im berühmten Barringer Meteor Crater in Arizona keine Hinweise auf einst geschmolzene Gesteine gibt. Nach Ansicht von Jay Melosh von der University of Arizona in Tucson und Gareth Collins vom Imperial College London kollidierte der Meteorit mit einer viel geringeren Geschwindigkeit, als es der Kraterdurchmesser vermuten lässt.

Angesichts der daraus berechneten Aufprallgeschwindigkeit von 15 bis 20 Kilometer pro Sekunde hätte der Untergrund in großen Teilen schmelzen und zur Bildung typischer Gesteine führen müssen, wie sie in allen Meteoritenkratern dieser Größe zu finden sind.

Den Computersimulationen von Melosh und Collins zufolge ist vor 50 000 Jahren ein vermutlich vierzig Meter großer Meteorit in einer Höhe von rund 14 Kilometern auseinander gebrochen. Die Trümmer breiteten sich daraufhin flächenförmig aus und vermochten auf Grund ihrer geringen Geschwindigkeit und Masse kein Gestein zu schmelzen. Der größte Teil der Energie erreichte den Boden somit als Druckwelle und schuf den 1,2 Kilometer weiten und 170 Meter tiefen Krater.

PETER L. KRESAN

Eine Druckwelle war es wohl, die den berühmten Barringer Meteor Crater in der Wüste Arizonas schuf.

ROSETTA

Das europäische Bild der Erde

Am 4. März um 23.09 Uhr MEZ stattete die vor Jahresfrist gestartete Kometensonde Rosetta der Erde ihren ersten und erdnächsten Vorbeiflug ab. Mit einer Geschwindigkeit von 38 000 Kilometern pro Stunde und in einer Höhe von fast zweitausend Kilometern sauste das drei Tonnen schwere Raumschiff westlich von Mexiko an der Erde vorbei und holte so Schwung für die gut sieben Milliarden Kilometer lange Reise zum Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko. Während des Vorbeiflugs konnten erstmals verschiedene Instrumente getestet werden. Zudem entstand bei dieser Gelegenheit das erste von einer europäischen Raumsonde aufgenommene Bild der Erde.

ESA

Nach drei weiteren Vorbeiflügen wird die Raumsonde im Jahr 2009 genügend Schwung für den Rest ihrer Reise aufgenommen haben. Erst 2014 wird sie dann ihr Ziel erreichen.

Am 4. Juli 2005 wird Rosetta aus günstiger Position beobachten, wie die Nasa-Sonde Deep Impact ein 380 Kilogramm schweres Projektil in den Kometen Tempel 1 feuert, um die Beschaffenheit seines Kerns zu erkunden.

Nur in Schwarz-Weiß, dafür aber eine Premiere: das erste Bild einer europäischen Raumsonde von der Erde

EXOPLANETEN II

Erstes Foto?

Erneut vermelden Forscher, sie hätten erstmals direkte Bilder eines extrasolaren Planeten aufgenommen. Zwei Arbeitsgruppen um David Charbonneau vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics in Cambridge und Drake Deming vom Goddard Space Flight Center der Nasa in Greenbelt hatten dazu Daten des Spitzer Space Telescope ausgewertet. Damit wollen bereits vier Forschergruppen das Licht eines Planeten außerhalb unseres Sonnensystems gemessen haben. Der endgültige Beweis steht indes noch aus.

Die Schwierigkeit des direkten Nachweises besteht darin, dass die Planeten 10 000-mal schwächer leuchten als ihre Zentralgestirne. Indem die Forscher nur die Infrarotstrahlung maßen, konnten sie diesen Faktor auf das 400fache verringern. Dabei beobachteten sie bei zwei Sternen winzige Helligkeitsschwankungen, für die jeweils ein Planet verantwortlich sein soll. Beide sind größer als der Jupiter und kreisen dichter um ihre jeweiligen Sterne als die Erde um die Sonne.

PERSONEN

Hans Bethe gestorben

Der deutsch-amerikanische Physiker Hans Bethe ist am 6. März 2005 im Alter von 98 Jahren in Ithaca im US-Bundesstaat New York gestorben. Bethe war einer der bedeutendsten Astrophysiker des 20. Jahrhunderts. In den 1930er Jahren entdeckte er den bis dahin rätselhaften Energieerzeugungsmechanismus der Sonne und der Sterne: Die Fusion von Wasserstoff- zu Heliumatomen.

Hans Bethe wurde am 2. Juli 1906 in Straßburg geboren. 1928 promovierte er an der Universität in München. Nach Forschungsaufenthalten in England und Italien arbeite an der Universität in Tübingen. Doch schon kurz nach der Machtergreifung Hitlers verlor er seinen Posten auf Grund seiner jüdischen Herkunft. 1933 verließ Bethe Deutschland und ging an die Cornell University in Ithaca, wo er bis an sein Lebensende blieb.

Besorgt über die deutsche Atomforschung beteiligte sich Hans Bethe ab 1943 am amerikanischen Manhattan-Projekt. Als Leiter der Abteilung für theoretische Physik spielte er eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Atombombe. In den 1960er Jahren wurde er zu einem entschiedenen Befürworter der internationalen Kontrolle von Nuklearwaffen. So überzeugte er Präsident John F. Kennedy, den Vertrag zur Beschränkung von Atomtests zu unterzeichnen.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Hans Bethe **1906–2005**

DPA

GALAXIEN

Dunkle Galaxie entdeckt?

Während französische Forscher gerade herausfanden, dass es in der Milchstraße womöglich überhaupt keine Dunkle Materie gibt (siehe S. 8), könnten britische Kollegen nun eine Galaxie aufgespürt haben, die ganz und gar daraus besteht.

Die Gruppe um Robert Minchin von der Cardiff University untersuchte den Virgohaufen, eine Galaxienansammlung in etwa fünfzig Millionen Lichtjahren Entfernung. Dort, im Sternbild Jungfrau, fiel ihnen das Objekt VirgoHI21 auf – eine rotierende Gaswolke, die genug Wasserstoff für die Bildung von hundert Millionen sonnenähnlichen Sternen enthält. Allerdings ließ die hohe Rotationsrate den Schluss zu, dass die Galaxie tausendfach massereicher ist als die Wasserstoffwolke selbst. Die Galaxie besteht somit im Wesentlichen aus Dunkler Materie.

Erstaunlicherweise findet sich dort aber kein einziger Stern. Die Gaswolke im Virgohaufen scheint mithin zu den dunklen Galaxien zu gehören, deren Existenz man schon lange vermutet, aber bislang nicht belegen konnte. Astronomen suchen bereits seit Jahren intensiv nach ihnen, denn laut Theorie sollte es sie millionenfach geben. Da sie naturgemäß nicht direkt sichtbar sind, lassen sie sich nur mit Hilfe von Radiowellen nachweisen, die von Wasserstoffatomen ausgesendet werden.

Astronomen schätzen, dass die Dunkle Materie im Universum den Anteil der normalen Materie um ein Vielfaches übertrifft. Alles in allem dürften die sichtbaren Galaxien, Sterne, Planeten, Gesteine und auch wir Menschen höchstens ein paar Prozent der Gesamtmasse des Universums ausmachen.

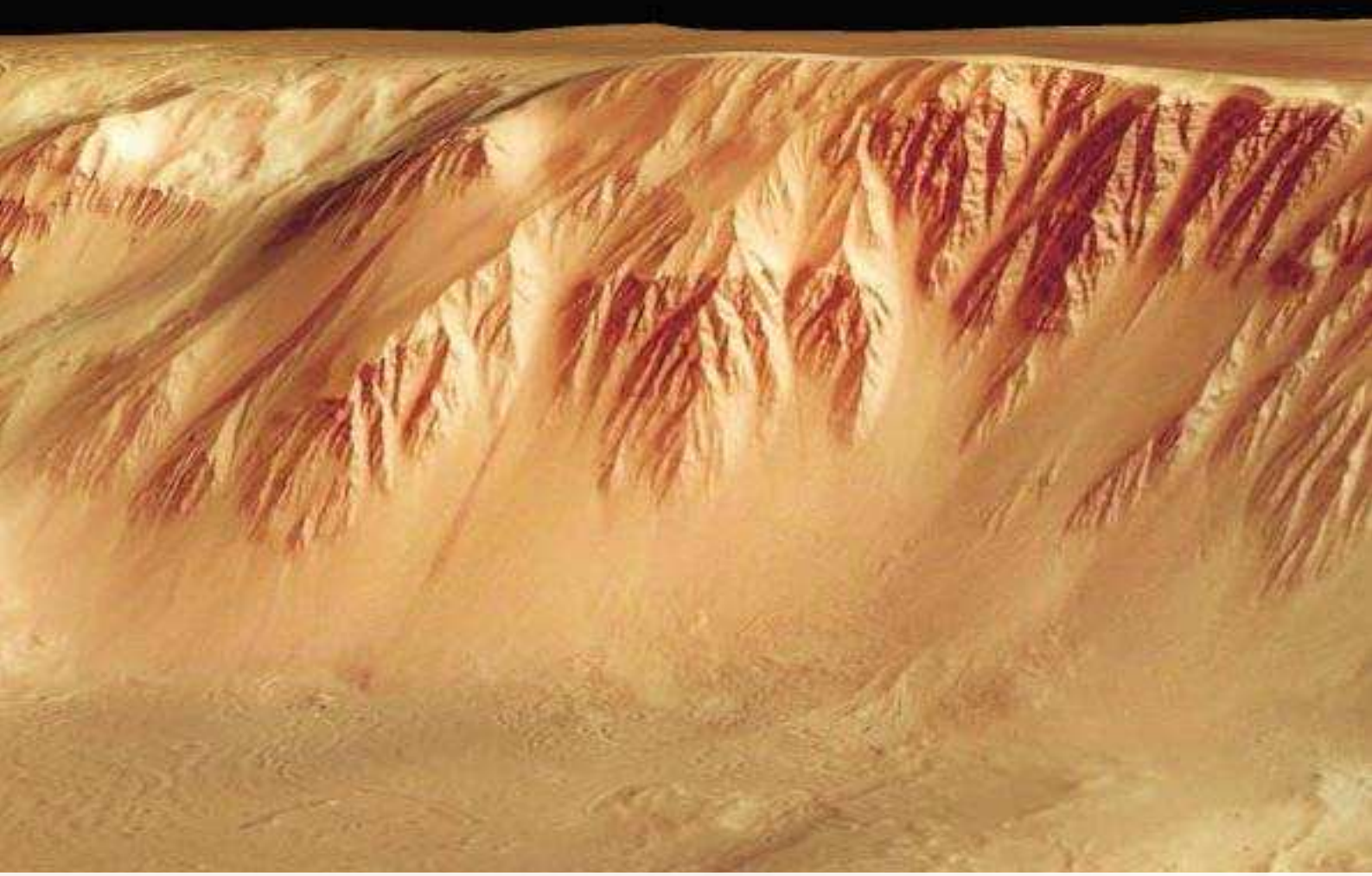
Mitarbeiterin dieser Rubrik:
Carolin Konermann

Aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie bei Wissenschaft Online:
www.wissenschaft-online.de/astronomie

DER KRIEGSGOTT

Ein ganzes Jahr schon umkreist die Sonde »Mars Express« den Roten Planeten. Ihre Daten weisen darauf hin, dass der Rote Planet noch aktiv ist – und vielleicht sogar bevölkert.

>> Carolin Konermann



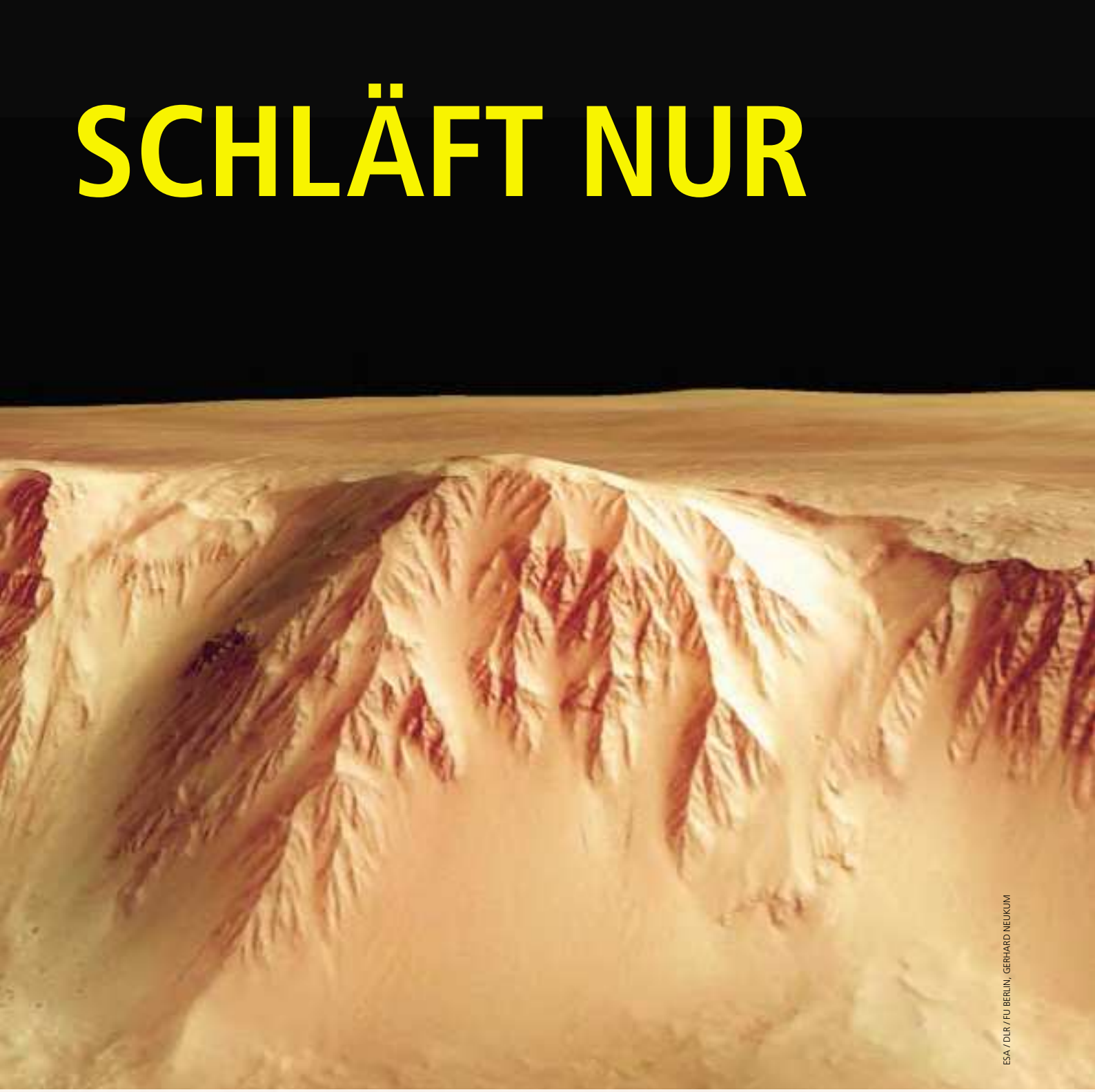
Die wichtigste Entdeckung der Mars-Express-Mission? Wer Gerhard Schwehm diese Frage stellt, bekommt ein Lachen zur Antwort. So viele Erfolge – warum sollte er da einen mehr herausstellen als die anderen, die doch genauso verblüffend waren?

»Das Gute und Wichtige bei Mars Express ist, dass unsere Instrumente so wunderbar zusammenspielen«, sagt er. »Wir sehen nicht nur Einzelaspekte, sondern bekommen ein schönes, konsistentes Gesamtbild.« Nach einem Jahr im Marsorbit hat der Esa-Projektleiter Grund genug, mit der Raumsonde zufrieden zu sein. Überraschungen und Erfolgsmeldungen häufen sich, alles funktioniert wie geplant oder besser. Ende Februar trafen sich die beteiligten Wissenschaftler im Estec, dem European Space Research and Technology Centre im südholländischen Noordwijk, um eine erste Bilanz der Mars-Express-Mission zu ziehen. Kein Mensch sprach dort noch von Beagle 2, dem Lander, der einmal zu Mars Express gehörte und wahrscheinlich auf der Oberfläche des Roten Planeten zerschmetterte. Stattdessen dominierten die sensationellen Entdeckungen des Mutterschiffs die Konferenz.

Ein riesiger See auf dem Mars

Eine dieser Sensationen sollte eigentlich noch geheim bleiben. Veröffentlichung erst am 17. März im Wissenschaftsmagazin »Nature« – so war es geplant. Doch

SCHLÄFT NUR

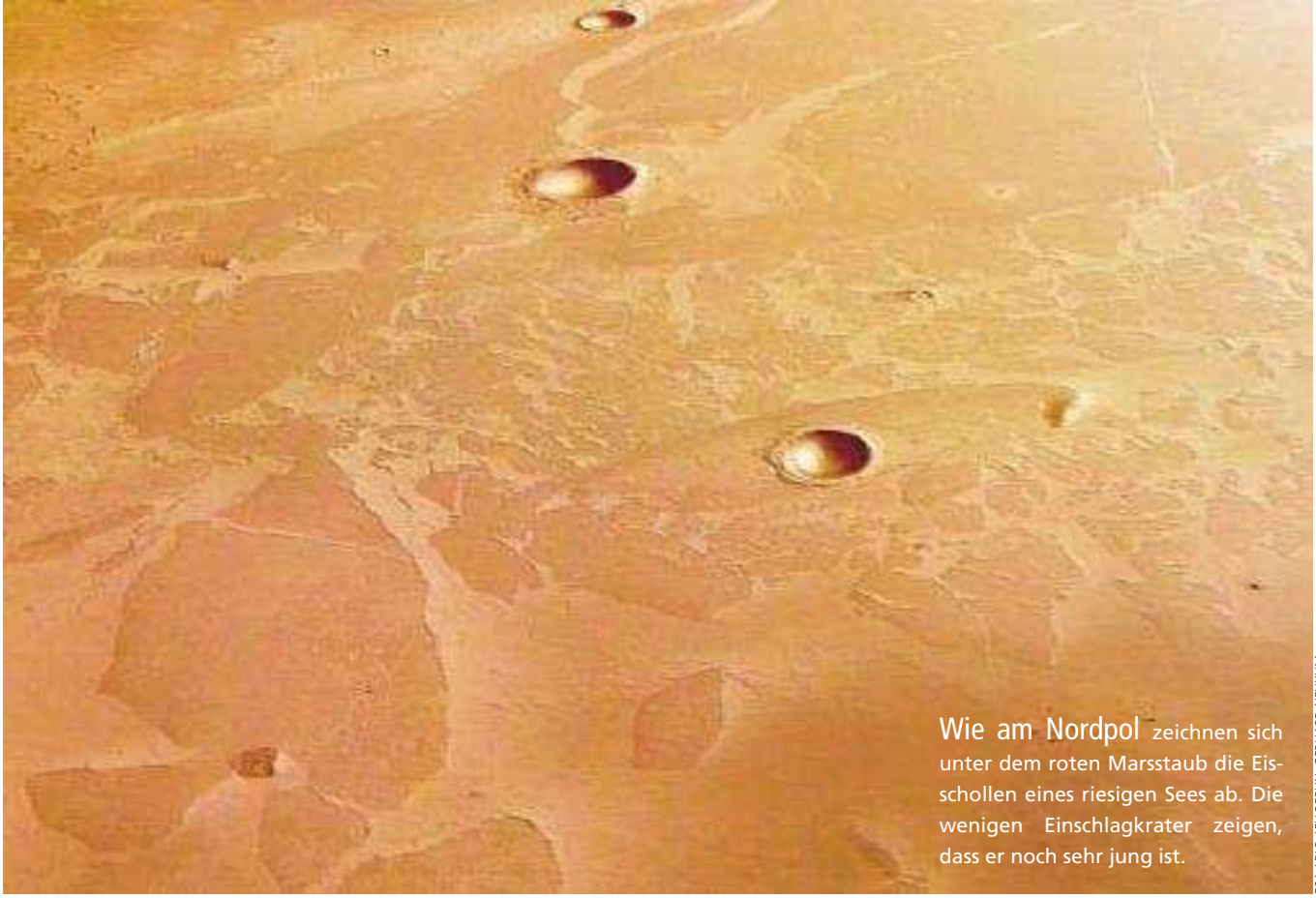


ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

eine kleine Erwähnung am Rande, ein Satz in einem Konferenzprogramm, ließ Astrofans und Kollegen aufhorchen und nachforschen. Und schließlich war die »Verschlusssache« in allen Schlagzeilen: ein Ozean am Marsäquator!

John Murray von der Open University Milton Keynes, der den See entdeckte, bestreitet zwar, dass dies »die große Sensation« der Mission sei. Doch so ganz mag man das dem bescheidenen Briten nicht abnehmen. Denn während der unscheinbare, freundliche Mann mit ruhiger Stimme und schlichten Worten erzählt, wie er plötzlich den See erkannte und es zunächst selbst nicht glauben konnte, sprechen Begeisterung und kindliches Staunen aus seinen Augen. Harte Überzeugungsarbeit sei es gewesen, auch die Kollegen vom Undenkbaren zu überzeugen (Interview auf S. 17). Der See, den Murray auf den Bildern der hochauflösenden Stereokamera HRSC sah, ist mit achthundert mal neunhundert Kilometern so groß wie die Nordsee, etwa 45 Meter tief und bis zum Grund gefroren. Er befindet sich in der Elysium-Ebene, äquatornah bei etwa 5 Grad nördlicher Breite und 150 Grad östlicher Länge. Eine Staubschicht, die möglicherweise zum Teil aus vulkanischer Asche besteht, bedeckt das eisige Meer.

Das Wasser selbst ist dabei gar nicht die Überraschung: Dass der Kriegsgott nicht ganz trocken hinter den Kratern ist, wissen die Forscher schon länger. Große >



Wie am Nordpol zeichnen sich unter dem roten Marsstaub die Eisschollen eines riesigen Sees ab. Die wenigen Einschlagkrater zeigen, dass er noch sehr jung ist.

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

> Grundwasserreservoirs müssen sich noch im Innern des Mars befinden. Nord- und Südpol sind sogar von Schneekappen bedeckt, die mit den Jahreszeiten schwinden und sich wieder ausbreiten.

In die Irre geführt

Doch während die Pole des Roten Planeten ganzjährig frostig bleiben (im Winter bis –140 °C), schafft es der sonnenbeschienene Äquator auf bis zu plus zwanzig Grad. Und weil in der dünnen Atmosphäre des Mars Eis bereits bei Temperaturen um den Nullpunkt verdampft, galt am Nullmeridian oberflächennahes Wasser bisher als undenkbar. Gerhard Neukum, Planetenforscher und Erfinder der HRSC-Kamera, ist dennoch überzeugt, dass es sich tatsächlich um einen See handelt. Die Packeisschollen, die sich unterm Staub abzeichnen, sprächen eine eindeutige Sprache. »In der Nähe haben wir zwar ein anderes Gebiet mit einer sehr ähnlichen Morphologie«, erzählt er, was die Wissenschaftler zunächst in die Irre geführt habe. Denn dort bestehen die Schollen aus Lava. »Doch hier sind die Platten viel größer, mit Durchmessern von bis zu dreißig Metern«, beschreibt er die Situation. »Und die haben sich auf dem Untergrund bewegt und sich gegeneinander verschoben. Und zwar um Kilometer – machen Sie das mal mit Lava!«

Die Nähe zum Vulkangebiet ergebe aber durchaus einen Sinn, erklärt Neukum. Denn vulkanische Aktivitäten seien die wahrscheinlichste Ursache dafür, dass das Wasser des Sees aus dem tiefen Untergrund an die Oberfläche gedrängt wurde. Das Alter des Sees haben Neukum und sein Team anhand der wenigen Meteoriten-Einschlagkrater im Packeis auf ungefähr fünf Millionen Jahre datiert – »für Marsverhältnisse gerade gestern«, wie sein Kollege Schwehm betont. Demnach muss der Mars – nach geologischen Maßstäben – noch vor kurzer Zeit vulkanisch aktiv gewesen sein.

Und das ist die zweite Überraschung von Mars Express: Nicht nur der junge See weist darauf hin, dass der Rote Planet noch immer ein ziemlich heißes Eisen ist. Neukum ist auch überzeugt, am Nordpol einige junge Vulkane entdeckt zu haben. »Wir haben dort vier Vulkankegel gesehen, die zwischen dreihundert und sechshundert Meter hoch sind«, berichtet er. Sie lägen in den so genannten Chasmen, weit gehend eisfreien Tälern zwischen der eigentlichen Schneekappe des Nordpols. »Dort befinden sich auch einige dunkle Dünen«, beschreibt Neukum, »und in dem Feld sieht man einen Hauptvulkankegel, dreihundert Meter hoch, und in nicht allzu großer Entfernung Babyvulkane, die gerade wachsen.« Der Planetologe geht fest davon

AH, CAROLIN KONERMANN

Missionschef Gerhard Schwehm bei der Präsentation der neuen Marsdaten

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

Dicht am Hauptvulkankegel (Pfeil) wachsen drei Babyvulkane. In der hellen Fläche links sind weitere ausgewachsene Vulkane deutlich zu erkennen.

aus, dass diese Vulkane noch immer aktiv sind.

Ob das bedeutet, dass wir tatsächlich irgendwann zusehen könnten, wie auf dem Mars ein Vulkanausbruch stattfindet? Gerhard Neukum hält auch das für möglich. »Ja, das bedeutet es. Auch beim Olympus Mons kann das passieren.« Denn auch dort, am höchsten Berg des Sonnensystems, haben die Forscher Spuren von Aktivität in jüngster Vergangenheit gefunden: Lava, die der Vulkan erst vor zweieinhalb Millionen Jahren ausgespuckt hat. »Sehr viel jüngere Alter können wir gar nicht messen, denn unterhalb von etwa einer Million Jahren funktioniert die Methode nicht mehr«, sagt Neukum.

Im jungen Marsvulkanismus könnte die Antwort auf eine weitere große Frage

M. FRDL. GEN. VON GERHARD NEUKUM

Planetenforscher Gerhard Neukum erfand und entwickelte die HRSC-Kamera.

liegen, die die Konferenzteilnehmer umtrieb: Woher kommt der hohe Methan- und Formaldehydgehalt in der Atmosphäre, den das Fourier-Spektrometer von Mars Express gemessen hat?

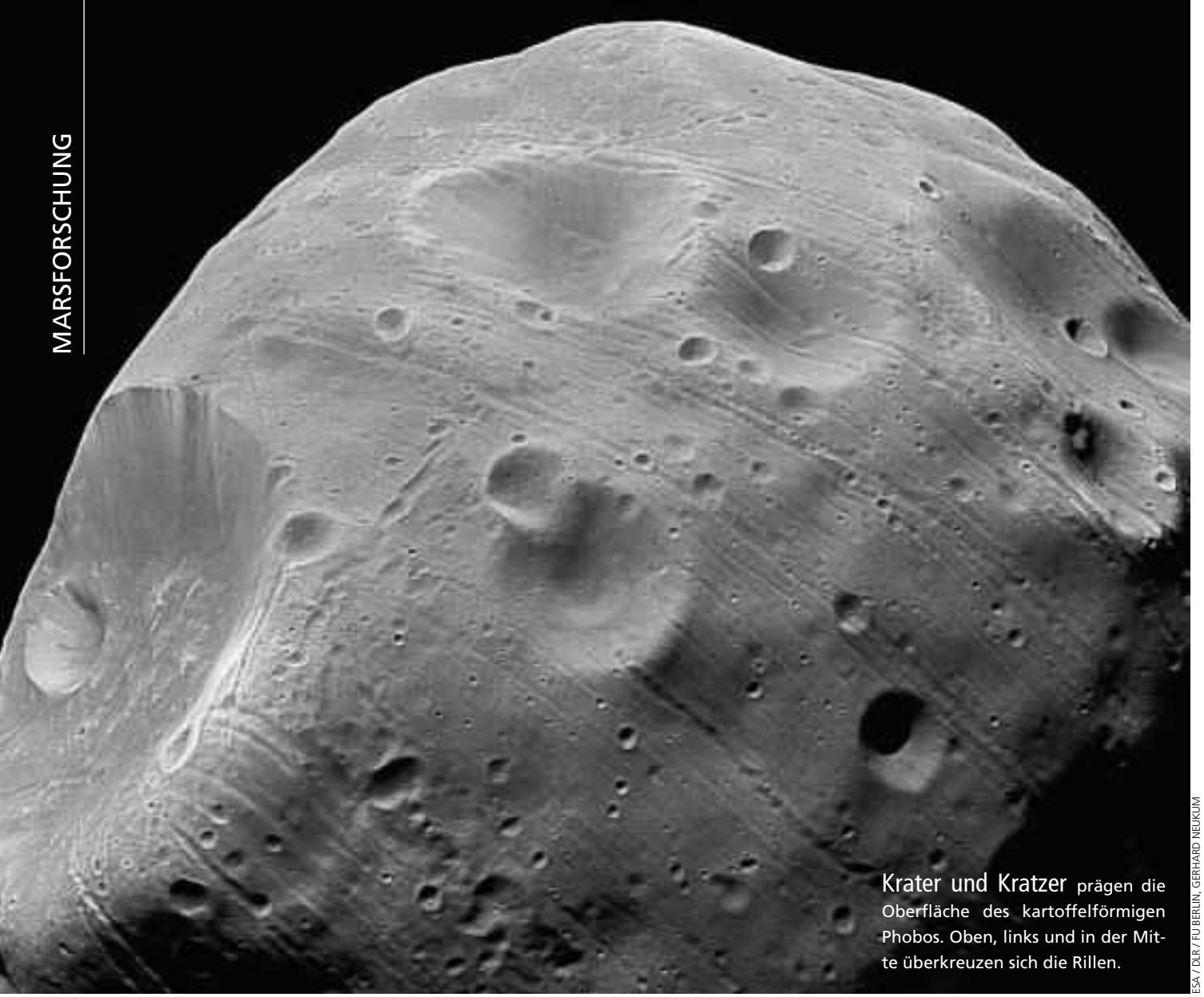
Mikroben werden populärer

Eine heiße Diskussion ist unter den Wissenschaftlern entbrannt, ob diese beiden Gase durch geologische Prozesse entstanden, also durch Vulkanismus in Verbindung mit Wasser, oder ob dafür Mikroorganismen verantwortlich sind. Vittorio Formisano, der zuständige Chefwissenschaftler, liebäugelt schon länger mit der Mikrobentheorie. Und seine Anhängerschaft wächst: Eine Befragung auf der Noordwijker Tagung ergab, dass immerhin ein Viertel der anwesenden Wissenschaftler es für möglich hielt, dass heute noch Leben auf dem Mars existiert. Und satte 75 Prozent gingen davon aus, dass dort zumindest in der Vergangenheit Mikroben gelebt haben könnten.

Die endgültige Antwort wird Mars Express wohl nicht geben können, daher träumen viele der Forscher schon von einer Sample-Return-Mission: einer Sonde, die Proben vom Mars sammelt und zur Erde bringt. Der Nasa-Wissenschaftler Everett Gibson ist davon überzeugt, dass eine solche Mission bis 2009, spätestens 2011 realisierbar wäre.

Selbst wenn zukünftige Missionen keine Mikroorganismen auf Mars finden sollten: Ihre Theorie, der Rote Planet sei seit mehr als hundert Jahrmillionen praktisch tot, werden die Wissenschaftler in jedem Fall noch einmal überdenken müssen. Dieses Fazit zieht Gerhard Schwehm aus der Konferenz: »Die Mars-Express-Daten geben deutliche Hinweise darauf, dass die Geologie des Mars sich bis in den letzten paar Millionen Jahren geändert hat. Wir haben sehr junge Strukturen gesehen«, was unter Umständen darauf hinweise, dass der Rote Planet noch heute geologisch aktiv sei. Der Kriegsgott hat sich offenbar noch längst nicht zur Ruhe gesetzt.

Doch Mars Express hat auch über den Rand des Roten Planeten hinausgeschaut. Vom Marstrabanten Phobos sind den Forschern spektakuläre Aufnahmen gelungen. Interessant daran sind vor allem die Rillen, die sich auf Phobos' Oberfläche zeigen: Wie Kratzer gigantischer Krallen ziehen sie sich in vielen parallelen Reihen über die Oberfläche des kartoffelförmigen Mondes. Von den parallelen Reihen gibt es mehrere Gruppen, die >



Krater und Kratzer prägen die Oberfläche des kartoffelförmigen Phobos. Oben, links und in der Mitte überkreuzen sich die Rillen.

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

> sich teils gegenseitig überkreuzen. Inzwischen sind die Forscher zu dem Schluss gekommen, dass offenbar der Mars die Schuld daran trägt: Dort könnte bei Meteoriteneinschlägen Material weggespritzt sein, das beim Auftreffen auf Phobos die Rillen eingrub.

Fast hätte die HRSC-Kamera Phobos sogar verpasst: Der kleine Mond war auf seiner Bahn rund zwölf Meter weiter vorgerückt als berechnet. Jürgen Oberst, der zu den Phobos-Experten im HRSC-Team gehört, hält das für bemerkenswert: »Die offene Frage ist jetzt, ob Phobos tatsächlich schneller zur Oberfläche des Mars herunterspiralt, als man vorher dachte. Es könnte sich auch um Messfehler aus früheren Ortungen handeln.«

Den zweiten Satelliten des Roten Planeten, Deimos, hat Mars Express bisher nicht untersucht. »Deimos ist viel weiter weg, den können wir mit Mars Express nicht aus der Nähe erforschen«, erklärt Oberst bedauernd. »Er erscheint nur sehr klein auf wenigen Bildern. Wir werden im Lauf der Mission noch ein wenig näher herankommen, aber so schön wie bei Phobos wird das nicht.« Oberst hofft außerdem noch auf Aufnahmen von der Rückseite Phobos'.

Weitere Überraschungen warten

Nun richten sich erst einmal alle Augen auf Marsis, das letzte Mars-Express-Experiment: Im Mai, das haben die Experten mittlerweile entschieden, wird es aktiviert. Eine Radarantenne soll hierbei mit Hilfe von Radiowellen vor allem nach Wasser unterhalb der Marsoberfläche suchen. Bisher hatten die Betreiber gezögert, sie in Betrieb zu nehmen, weil Computersimulationen Probleme prognostiziert hatten. Die beiden je zwanzig Meter langen Antennenarme von Marsis, die an einem Baum von sieben Metern befestigt sind, könnten beim Ausklappen zurückschnellen und der Sonde einen empfindlichen Schlag versetzen. Würde dagegen einer der Masten sich nicht richtig entfalten, brächte das den Orbiter erheblich aus dem Gleichgewicht. Doch das Risiko ist kalkuliert, und inzwischen sind die Wissenschaftler sicher, dass sie es eingehen wollen.

Selbst wenn auch Marsis wohl nicht dazu taugt, endlich die lang gesuchten Marsmenschen zu finden: Sensationen hat der aktive Kriegsgott mit Sicherheit noch einige in petto. Die letzte Meldung vom Roten Planeten, dass es im Stundenglaskrater, den unser Titelbild zeigt, offenbar sogar Gletscher gegeben hat, bestätigt das wieder einmal. Mars ist nach wie vor für Überraschungen gut. <<

Carolin Konermann ist Diplomjournalistin in Heidelberg. Schon im Eurocity nach Noordwijk sah sie sich von Marsmännchen umzingelt – zum Glück nur als Graffity auf den Wänden.

AH, CAROLIN KONERMANN

John B. Murray von der Open University Milton Keynes bei London entdeckte mit großem Erstaunen den Eissee auf den Fotos der HRSC-Kamera.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr Murray, wie haben Ihre Kollegen reagiert, als Sie ihnen von einem See am Marsäquator erzählten?

John Murray: Ich hielt einen Vortrag vor Gerhard Neukum und dem Berliner Team. Direkt im Anschluss sollte es eine Diskussion geben, und keiner schien zu wissen, was er sagen sollte. Sie dachten: Ist er verrückt? Macht er Witze? Es hat eine ganze Weile gedauert, das Team zu überzeugen. Zwei Monate später habe ich ihnen einen weiteren Vortrag gehalten, dann noch einen. So nach und nach glaubten sie mir, und schließlich haben wir eine Abhandlung darüber verfasst.

AH: Das war im September 2004, veröffentlichen wollten Sie den Artikel erst im März 2005. Fiel es Ihnen nicht schwer, die unglaubliche Entdeckung so lange für sich zu behalten?

Murray: Wir wollten mehrere Artikel für eine Ausgabe des Wissenschaftsmagazins »Nature« sammeln und sie gemeinsam veröffentlichen. Daher haben wir unseren zwar im September zu »Nature« geschickt, er sollte jedoch erst am 17. März erscheinen. Somit war das Geheimnis eine lange Zeit zu bewahren, ja.

AH: Wie war es für Sie selbst, als Sie auf dem Bild das Meer entdeckten?

Murray: Das war am 19. Januar 2004, also noch ziemlich am Anfang. Ich sah mir die Bilder der HRSC-Kamera an, die wir gerade bekommen hatten. Dies war ungefähr das dritte Foto, das Mars Express aufgenommen hatte. Die Aufnahmen sind sehr groß, wie ein riesiger Flurteppich: einige Meter hoch und um die fünfzig Meter breit. Wir begutachten sie auf einem Computerbildschirm. Ich habe zwei Stunden gebraucht, um von einem Ende zum anderen zu kommen und mir alles genau anzuschauen. Dann kam ich schließlich zu dieser flachen Gegend, und dort war überhaupt nichts. Daraufhin stellte ich den Kontrast höher und entdeckte diese Strukturen. Ich bemerkte, dass eine davon sich gedreht hatte, schaute mir das an und dachte: Nun, das ist sehr, sehr interessant. Diese Platten haben sich bewegt, sie haben sich irgendwie gedreht. Und plötzlich dachte ich: Packeis. Dann überlegte ich, nein, das ist nicht möglich. Doch je mehr ich darüber grübelte, desto mehr wurde es mir bewusst.

AH: Und jetzt sind Sie sich sicher?

Murray: Sieben oder acht verschiedene Fakten weisen darauf hin, dass es sich um Packeis handelt. Es gibt ähnliche Strukturen in der Nähe, die auf Lava hinweisen, und ich denke, dort ist das auch der Fall. Aber hier gibt es mehrere Gründe, warum es nicht Lava sein kann, sondern ein flüchtiges Medium sein muss. Und Wasser ist da das Nächstliegende.

AH: War das »die Sensation«, die größte Entdeckung des Mars Express?

Murray: Nein, »die Entdeckung« ist es nicht. Aber für mich ist es die interessanteste, denn sie ändert eindeutig die Art, wie ich über Mars denke. Hätte mich vor einem Jahr jemand gefragt, ob ich glaube, dass auf dem Roten Planeten Leben existiert – ich hätte Nein gesagt. Inzwischen halte ich das durchaus für möglich.

AH: Was ändert der Umstand, dass der Eissee dort offenbar noch existiert?

Murray: Der See ist gefroren, doch das Wasser kam von tief innen, überflutete mehrere hundert Kilometer und bildete dieses riesige Meer. Und die Tatsache, dass so etwas noch immer passiert – denn für geologische Verhältnisse sind fünf Millionen Jahre wirklich gestern – bedeutet, dass es unterhalb der Oberfläche warme, nasse Plätze gibt, vielleicht sogar riesige Mengen warmes Wasser. Naja, mit warm meine ich oberhalb des Gefrierpunkts. Eine großes, warmes Wasserreservoir unter der Oberfläche des Mars, das seit tausenden Millionen Jahren existiert … Wenn es möglich ist, dass Leben sich unter diesen Umständen entwickelt – und in vergleichbaren Gebieten auf der Erde ist das der Fall – dann hatte es eine ganze Menge Zeit, das zu tun. Im Innern des Roten Planeten dürfte es daher für Lebewesen sehr gut möglich sein, heute noch zu existieren. Schwieriger wäre es für sie, auf der Oberfläche zu überleben.

AH: Lässt sich das denn anhand des Sees noch nachvollziehen?

Murray: Der interessante Punkt im Zusammenhang mit dem gefrorenen Meer ist, dass das Eis offensichtlich noch dort ist. Wenn es also Mikroorganismen geschafft haben, sich im Wasser unter der Oberfläche zu entwickeln und dann mit dem Wasser ans Tageslicht zu kommen, dann könnten wir sie dort heute tatsächlich finden, im Eis konserviert. Nicht etwa Fossilien, sondern tatsächliche Organismen. Man könnte das Eis schmelzen und versuchen, sie wiederzubeleben.

AH: Wenn man also eine Sonde hochschickte, könnte man ein paar dieser »Marsmenschen« hier auf die Erde holen?

Murray: Ja, möglich ist das. Ich denke, genau das könnten wir machen. <<

Das Interview führte **Carolin Konermann**.

EINSTEIN, ÜBERALL EINSTEIN

Wohin man auch schaut: Überall hat der große Physiker seine Spuren hinterlassen.

>> Rainer Kayser

Langsam senkte sich die Dämmerung über die Felder. Ich begann, den westlichen Horizont mit meinem Fernglas abzusuchen. Da – was war das? »Ich habe ihn«, rief ich erfreut. »Den Merkur?«, fragte Michelle. »Nein, den Mond – so schmal habe ich die Sichel selten gesehen, sie ist nur ein ganz dünner Strich am Himmel.« »Wo denn? Darf ich auch mal schauen?«, fragte meine Tochter ungeduldig. Doch ich behielt das Fernglas noch vor den Augen. »Moment noch … gleich daneben muss irgendwo auch der Merkur sein … da ist er ja!«

Inzwischen war es schon fast Tradition, dass wir uns im März auf die Suche nach dem sonnennächsten Planeten machten. Dann nämlich lässt sich Merkur am Abendhimmel am besten beobachten, da die Ekliptik besonders steil im Westen aufragt und Merkur so höher am Himmel steht als sonst. Heute befand sich der »Götterbote« zudem unmittelbar neben der hauchdünnen Mondsichel – erst gestern war Neumond gewesen.

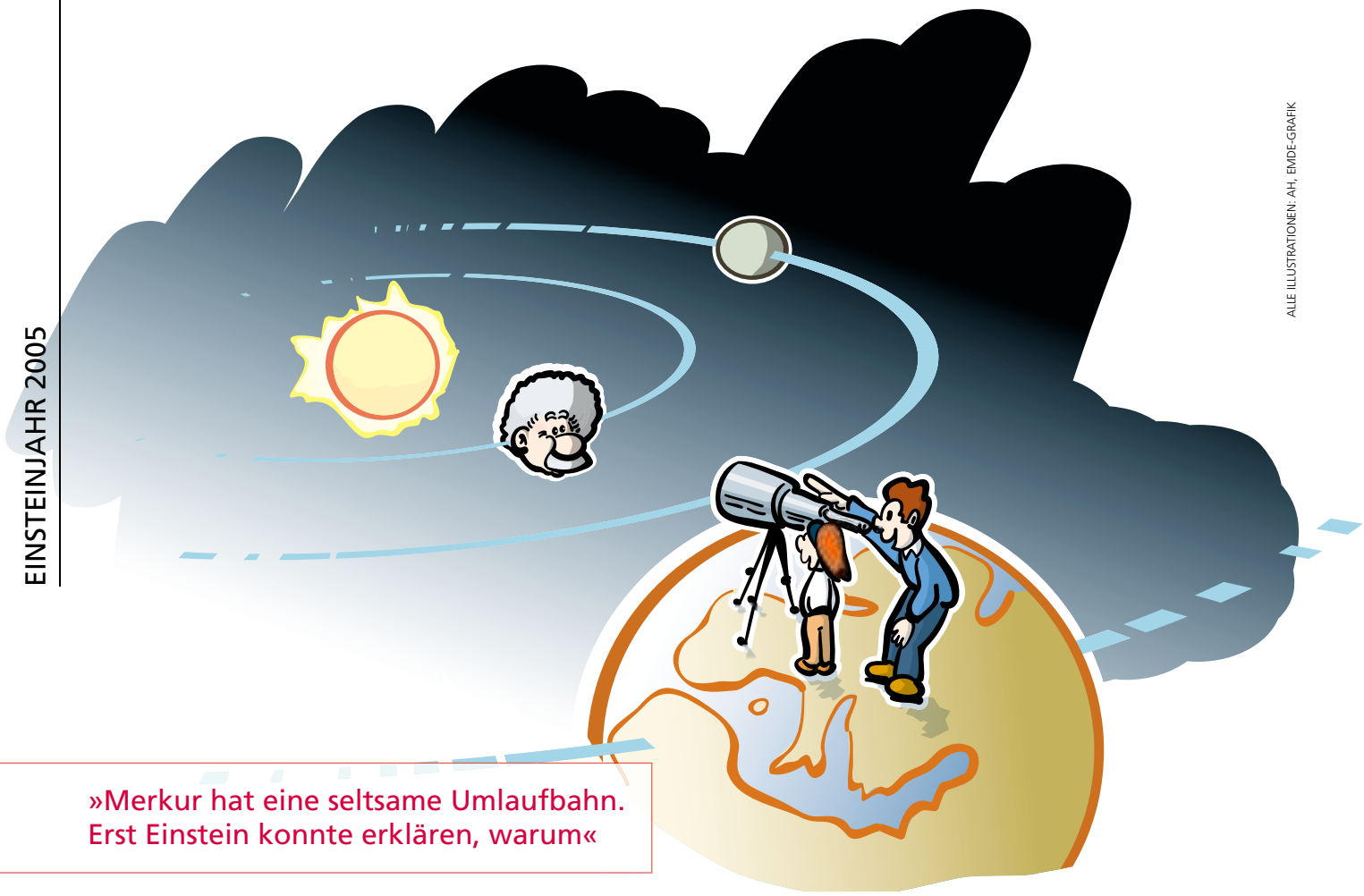
Ich reichte Michelle das Fernglas. »Siehst du die drei Bäume, die dicht beieinander stehen? Wenn du über dem rechten Baum langsam hochgehst, findest du den Mond. Dann ein Stückchen nach rechts, und wenn der Mond ganz links im Blickfeld ist, siehst du den Merkur.« »Das ist der Mond?«, fragte Michelle verblüfft, »der sieht ja aus wie ein leuchtender Bindfaden! Ja, ich hab den Merkur auch!«

Während meine Tochter durch das Fernglas schaute, begann ich mein Teleskop Richtung Merkur zu schwenken. »Weißt du eigentlich, was der Merkur mit Einstein zu tun hat?«, fragte ich, während ich im Sucher nach >

CORBIS

Einsteins Ideen haben längst unseren Alltag durchdrungen. Sterngucker stoßen zum Beispiel bei der Beobachtung des Merkurs darauf.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.



ALLE ILLUSTRATIONEN: AH, EMDE-GRAFIK

»Merkur hat eine seltsame Umlaufbahn. Erst Einstein konnte erklären, warum«

> dem Planeten Ausschau hielt. »Hör mir bloß mit Einstein auf«, moserte Michelle, »unser Physiklehrer redet neuerdings auch nur noch von dem. Das ist ja so was von langweilig! Alles nur theoretischer Kram, ich weiß echt nicht, wozu man das wissen muss!«

»Zum Beispiel für den Merkur – so theoretisch ist das alles nämlich gar nicht«, antwortete ich. Inzwischen hatte ich den Planeten auch mit dem Teleskop aufgespürt und wechselte zu hundertfacher Vergrößerung. »So, schau mal, hier kannst du Merkur etwas größer sehen.« Michelle blickte durch das Okular. »Der sieht ja aus wie ein kleiner Halbmond!« »Stimmt! Merkur steht gerade so, dass wir ihn nur halb beleuchtet sehen.« »Aber ich versteh nicht, was das mit Einstein zu tun haben soll.«

»Ohne Einstein kann man die Umlaufbahn des Merkur um die Sonne nicht verstehen.« »Ich dachte, die Schwerkraft bestimmt die Umlaufbahnen – Newton'sches Gesetz und so.« »Das dachten die Astronomen früher auch, aber der Merkur hält sich nicht so ganz daran. Berechnet man die Planetenbahnen mit dem Newton'schen Gravitationsgesetz, so erhält man Ellipsenbahnen. Alle Planeten, Asteroiden und Kometen bewegen sich auf Ellipsenbahnen. Auch der Merkur.«

»Im Gegensatz zur Erdbahn ist die Bahn des Merkur sogar ziemlich elliptisch«, erklärte ich weiter, »sein Abstand von der Sonne schwankt zwischen 46 und 70 Millionen Kilometern. Da aber außer der Sonne auch die großen Planeten mit ihrer Anziehungskraft am Merkur zerren, torkelt seine Bahn ein wenig.«

Es geht auch ohne zusätzlichen Planeten

»Die Astronomen nennen das Perihel-drehung – die Achsen der Ellipsenbahn drehen sich langsam. Das konnte man schon lange vor Einstein mit Newtons Gravitationsgesetz sehr genau berechnen. Aber zur Verzweiflung der Astronomen blieb immer ein kleiner unerklärlicher Rest übrig. Der französische Mathematiker Urbain Leverrier hat aus dieser Abweichung sogar berechnet, dass es innerhalb der Merkurbahn einen weiteren Planeten geben müsse …«

»… und diesen Planeten hat Einstein entdeckt?«, unterbrach mich Michelle. »Nein, im Gegenteil. Einstein hat gezeigt, dass ein solcher Planet als Erklärung für die Abweichung gar nicht nötig ist. Das Newton'sche Gravitationsgesetz beschreibt nämlich die Schwerkraft nicht ganz richtig. Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie ist eine bessere Beschreibung der Schwerkraft – und mit ihr lässt sich die Periheldrehung des Merkur vollständig erklären. In Einsteins Theorie verzerren schwere Massen, zum Beispiel die Sonne, Raum und Zeit in ihrer Umgebung. Je näher man an die Masse heran kommt, desto stärker ist der Raum gekrümmt und desto langsamer vergeht – von außen betrachtet – die Zeit. Weit entfernt von der Sonne liefert die Relativitätstheorie deshalb die gleichen Ellipsenbahnen wie Newtons Gesetz, aber nahe an der Sonne bekommt man einen kleinen zusätzlichen Effekt, eben den bis dahin unerklärlichen Rest in der Periheldrehung.«

Michelle blickte vom Fernrohr auf. »Aber das ist doch auch wieder Theorie – sehen tu ich davon nichts!« »Na ja – ohne Periheldrehung wäre Merkurs Bahn anders und wir könnten ihn heute wahrscheinlich nicht sehen. Aber die Krümmung von Raum und Zeit in der Umge-

bung schwerer Massen kann man auch direkt beobachten – zum Beispiel bei einer totalen Sonnenfinsternis oder bei Quasaren. Wenn du bei einer Sonnenfinsternis Sterne beobachtest, die von uns aus gesehen direkt neben der Sonne stehen, dann stellst du fest, dass ihre Position am Himmel leicht verschoben ist. Die Raumkrümmung durch die Sonne krümmt auch den Lichtstrahl des Sterns – dadurch sehen wir den Stern an einer etwas anderen Stelle als wenn der Lichtstrahl gerade verlaufen würde.«

Nicht gebogen genug

»Aber wenn das Licht von der Sonne angezogen wird, muss es doch auch auf einer gekrümmten Bahn laufen – ist doch logisch, wozu brauche ich da Einstein?« »Stimmt, auch aus dem Gravitationsgesetz von Newton kann man eine Krümmung von Lichtstrahlen berechnen und damit eine Verschiebung der Sternpositionen bei Sonnenfinsternissen. Sie ist aber nur halb so groß wie die, die sich aus der Allgemeinen Relativitätstheorie ergibt. Deshalb ist diese Lichtablenkung auch einer der wichtigsten Beweise, dass Einsteins Theorie richtig ist.«

»Und was ist mit den Quasaren – was sind überhaupt Quasare?« »Quasare sind die hellsten Objekte im Universum. Sie stehen im Zentrum von Galaxien, die hundert Millionen und gar Milliarden Lichtjahre von uns entfernt sind. Und wenn nun zwischen einem solchen Quasar und uns eine weitere Galaxie liegt, dann verbiegt die Raumkrümmung durch die Galaxie wiederum die Lichtstrahlen des Quasars. Und dann können wir den Quasar mehrere Male sehen, weil das Licht auf verschiedenen Seiten an der Galaxie vorbeigeht und uns trotzdem trifft. Die Astronomen haben viele solcher Mehrfachbilder von Quasaren am Himmel gefunden.«

»Das ist schon spannend. Aber auch wieder etwas, was ich nicht selbst sehen kann, oder?«, wollte meine Tochter wissen. Inzwischen hatte Michelle ihre Digitalkamera herausgeholt und auf das Stativ geschraubt. »Meinst du, dass ich den Merkur aufs Bild bekomme?«, fragte sie. »Keine Ahnung, versuch es einfach. Tja, einen Mehrfachquasar kann ich dir tatsächlich nicht zeigen – aber auf deinem Kameradisplay siehst du etwas, oder?« »Ja klar, wieso?« »Das hat auch mit Einstein zu tun!«

»Hat Einstein etwa die Digitalkamera erfunden?« Ich musste lachen. »Nein, hat er nicht. Aber in deiner Kamera ist ein elektronisches Bauteil, ein CCD-Chip, der Licht in Strom umwandelt. Das nennt man den fotoelektrischen Effekt, und den hat Einstein als Erster richtig verstanden. Dafür hat er später den Physik-Nobelpreis bekommen.«

»Was ist denn so seltsam an diesem Effekt?«, fragte Michelle. »Also zunächst mal: Beim fotoelektrischen Effekt schlägt Licht Elektronen – die kleinsten Ladungsträger, aus denen der elektrische Strom besteht und die in den Atomen um die Atomkerne kreisen – aus Metall heraus. Das Seltsame ist nun, dass die Helligkeit des Lichts zwar die Anzahl der herausgeschlagenen Elektronen beeinflusst – also mehr Licht gleich mehr Elektronen – aber nicht deren Geschwindigkeit. Diese ändert sich nur, wenn man die Farbe des Lichts ändert: Je kurzwelliger, also blauer das Licht, desto schneller werden die Elektronen.« »Das ist echt komisch: Helleres Licht muss doch mehr Energie haben und die Elektronen stärker anschubsen«, überlegte Michelle. »Genau – jedenfalls dann, wenn man sich Licht wie Wellen auf einem Teich vorstellt: Höhere Wellen haben mehr Energie. Einstein hat aber gezeigt, dass Licht aus Teilchen besteht, den so genannten Photonen.«

Energie in Portionen

»Und jedes Photon«, fuhr ich fort, »besitzt eine bestimmte Energie, die von der Wellenlänge abhängt: Halbiert man die Wellenlänge, so hat das Photon doppelt so viel Energie. Jedes Photon kann ein Elektron herausschlagen. Mehr Licht bedeutet mehr Photonen – also auch mehr Elektronen. Blaueres Licht, sprich kürzere Wellenlänge, bedeutet mehr Energie zum Anschubsen und mithin schnellere Elektronen. Und genau das beobachtet man auch. Als Einstein 1905 auf diese Idee kam, war es allerdings ziemlich verwegen, sich Licht als Teilchen vorzustellen.«

Inzwischen war meine Tochter mit ihren Fotos fertig geworden und der Merkur verschwand tief am Horizont im Dunst. »Ich glaube, wir packen mal zusammen und fahren nach Hause!« sagte ich und begann das Teleskop abzubauen. »Oh, können wir noch bei Johanna vorbeifahren? Sie hat ein Buch von mir, das ich für die Hausaufgaben brauche.« »Wenn Johanna nicht zu weit weg >

»Einstein beschrieb Licht als Teilchen. Das war zu seiner Zeit verwegen – aber er bekam den Nobelpreis dafür«

> wohnt!« »Nee, die wohnt irgendwo in Neu-Allermöhe.« »Irgendwo ist gut. Ich hoffe, du weißt es etwas genauer!« »Na ja, ich war noch nie da – aber ich weiß die Adresse.« »Immerhin etwas!«

Ich verstaute das Teleskop im Kofferraum meines Autos und wir stiegen ein. Michelle schaltete sofort das Radio an und schob eine CD in den Player. »Auch wieder Einstein«, sagte ich. »Nee, das ist Linkin Park«, sagte meine Tochter und grinste. »Aber wie kommt Linkin Park von der CD in dein Ohr, das ist hier die Frage«, erwiderte ich. Michelle überlegte eine Weile. »Also, auf der CD sind so kleine Punkte, die tastet ein Laserstrahl ab – ach, ich weiß schon, was du meinst: Wieder dieser Foto-Dingsda-Effekt, stimmts?« »Ja, der spielt da auch wieder eine Rolle. Ich meinte jetzt aber den Laser. Einstein hat zwar den Laser nicht erfunden, aber er hat als Erster dessen Prinzip beschrieben.« »Ist ein Laserstrahl nicht einfach nur Licht – einfarbiges Licht?«, fragte Michelle.

»Ein wenig komplizierter ist es schon. Das Licht ist nicht nur einfarbig, alle Photonen in dem Strahl schwingen auch noch im Gleichtakt. Das wusste Einstein allerdings nicht. Er hat aber gezeigt, dass Licht einer bestimmten Wellenlänge unter gewissen Umständen Atome dazu anstiftet, Photonen der gleichen Wellenlänge auszusenden. Die Physiker nennen das stimulierte Emission. Genau das nutzt man beim Laser aus, der aber erst vierzig Jahre später erfunden wurde.«

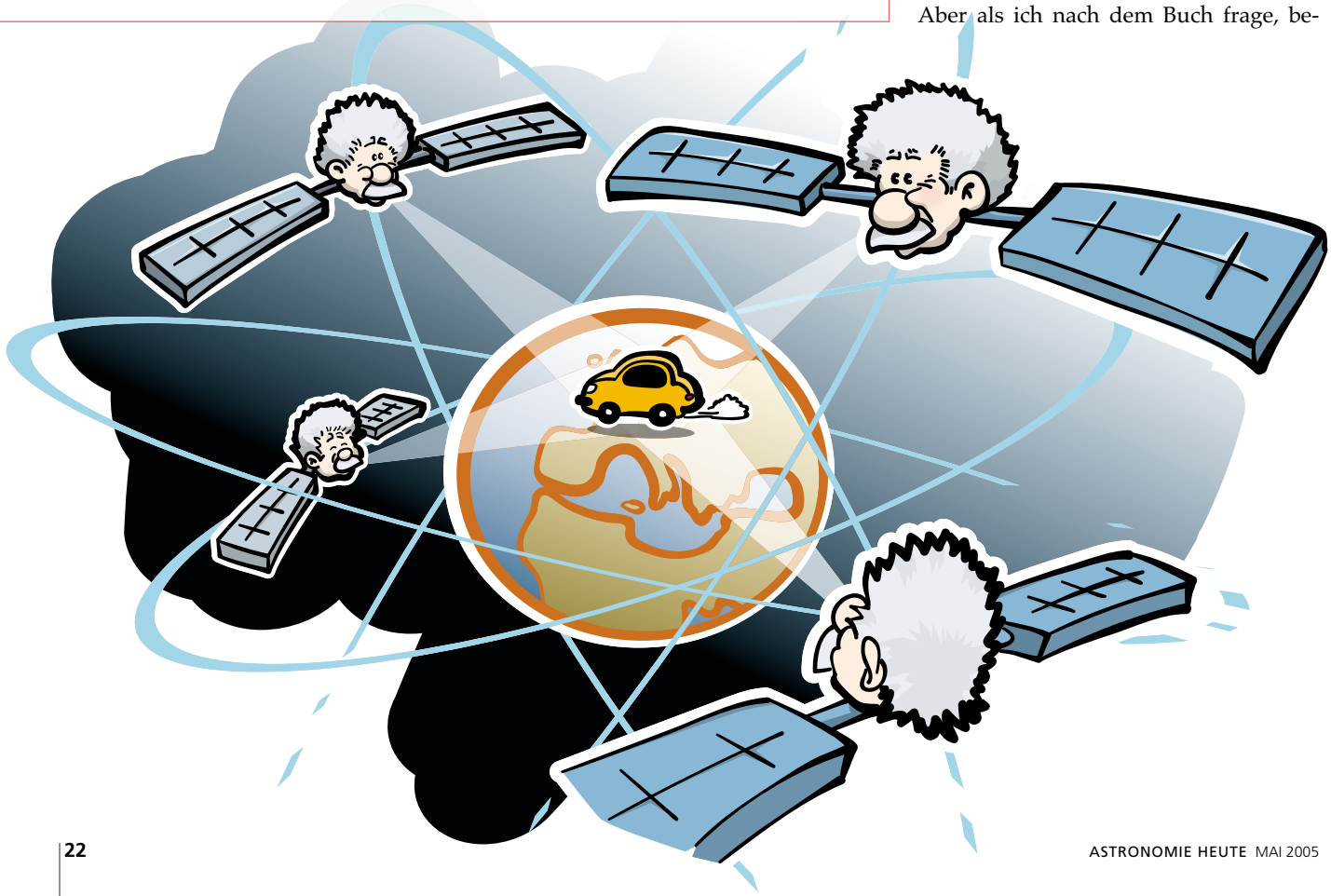
Der Trick mit dem Spiegel

»Und warum hat Einstein ihn nicht gleich erfunden?«, hakte meine Tochter nach. »Genau weiß man das natürlich nicht. Aber zum einen hat er eben nicht erkannt, dass die so erzeugten Photonen praktisch im Gleichschritt marschieren. Und gerade dadurch kommt es zu der großen Verstärkung der Strahlung beim Laser. Außerdem zeigten Einsteins Berechnungen, dass das Auftreten einer solchen stimulierten Emission sehr unwahrscheinlich ist. Wohl auch deshalb hat sich lange niemand intensiv damit beschäftigt. Erst den späteren Erfindern des Lasers ist es mit einem Trick gelungen, die stimulierte Emission wahrscheinlicher zu machen: Sie lassen das Licht zwischen zwei Spiegeln hin- und hersausen, sodass es sich selbst verstärkt.«

Inzwischen waren wir fast in Neu-Allermöhe angekommen. »Aber nun sag mir einmal, wo deine Schulfreundin wohnt«, sagte ich. »Marie-Zinke-Ring drei«, antworte Michelle. »Oje, nie gehört«, erwiderte ich. Neu-Allermöhe ist ein geradezu labyrinthartiger Stadtteil mit vielen kleinen Anliegerstraßen, Einbahnstraßen und Sackgassen. An der nächsten roten Ampel schaltete ich deshalb das Navigationssystem an und gab den Namen der Straße ein. Wenige Minuten später hatten wir problemlos unser Ziel erreicht.

Michelle stieg aus und lief zum Eingang des Hauses Nummer drei. Nach einigen Minuten kam sie mit dem Buch in der Hand zurück und stieg wieder ein. »So eine Ziege«, schimpfte sie. »Ich denke, Johanna ist deine Schulfreundin«, wunderte ich mich. »Die doch nicht, ich meine doch ihre Schwester Christine. Die beiden sind nämlich Zwillinge, weißt du. Christine geht in die Parallelklasse. Die beiden kann man echt nicht auseinander halten. Ich klingle also an der Tür und denke, es ist Johanna, die mir aufmacht. Aber als ich nach dem Buch frage, be-

»An Bord von Satelliten gehen Uhren langsamer als auf der Erde. Genauso sagt es die Relativitätstheorie vorher«



»Mit seinem Kühlschrank hatte Einstein nicht so viel Erfolg. Er war zu schnell veraltet«

hauptet sie, sie hätte sich nie ein Buch von mir geliehen. Und als ich wütend geworden bin, fängt sie auch noch lauthals an zu lachen.«

»Humor ist, wenn man trotzdem lacht«, meinte ich und konnte mir ein Grinsen nicht verkneifen. »Aber apropos Zwillinge – da sind wir ja wieder beim Thema …« »Ja, ich weiß schon, Zwillingsparadoxon – hat uns unser Lehrer auch was drüber erzählt!« »Ach, was denn?« »Na ja, wenn ein Zwilling eine Reise in einem Raumschiff macht, das fast so schnell wie das Licht fliegt, und dann zurück zur Erde kommt, dann ist er jünger als sein auf der Erde gebliebener Zwilling. Sagt Einsteins Relativitätstheorie, oder?« »Genau!« »Das sollten wir mal mit Christina ausprobieren«, kicherte Michelle, »dann kann sie eine Weile niemanden ärgern.« »Siehst du, Einsteins Theorien sind also doch nützlich!«

»Nicht wirklich – es gibt ja keine solchen Raumschiffe. Also ist dieses Zwillingsparadoxon auch wieder nur reine Theorie.«

Nicht bloß auf dem Papier

»Was Johanna und Christina angeht schon, aber reine Theorie ist es trotzdem nicht«, widersprach ich. »Man kann diesen Effekt, die relativistische Zeitdilatation, nämlich mit ganz genau gehenden Uhren an Bord von Satelliten tatsächlich beobachten. Außerdem spielt der Effekt sogar beim Autofahren eine Rolle.« »Hä, so schnell fahren wir doch gar nicht!« »Nein, wir nicht. Aber wie haben wir denn gerade zu Johannas Wohnung gefunden?« Michelle zeigte auf das Navigationssystem. »Und wie funktioniert das Ding?« »Irgendwie mit Satelliten, oder?« »Genau. Das System berechnet aus den Zeitsignalen von Atomuhren an Bord von Satelliten unsere genaue Position auf der Erde und kann uns deshalb den Weg zum Ziel weisen. Aber diese Satelliten sausen mit 14000 Kilometern pro Stunde durchs All. Deshalb gehen die Uhren an Bord der Satelliten etwas langsamer als Uhren auf der Erde.

Es kommt aber noch ein zweiter Effekt hinzu, den kennen wir schon vom Merkur. Dort oben in der Umlaufbahn der Satelliten ist das Gravitationsfeld der Erde etwas schwächer als hier unten am Boden. Deshalb wiederum gehen die Uhren an Bord der Satelliten etwas schneller als Uhren auf der Erde. Leider heben sich die beiden Effekte nicht exakt auf, deshalb muss das Navigationssystem die Zeitverzerrung durch Schwerkraft und Bewegung genau berücksichtigen. Sonst würden wir nie am Ziel ankommen. Die Abweichung macht nämlich mehrere Kilometer pro Tag aus.«

Inzwischen waren wir – ganz ohne Hilfe des Navigationssystems – zu Hause angekommen. Ich lud das Teleskop aus und wir gingen hinein. Während ich mein Fernrohr in der Kammer verstaute, stürzte Michelle gleich zum Kühlschrank, um sich etwas zu trinken zu holen. »Einstein hat übrigens auch einen Kühlschrank erfunden«, rief ich ihr hinterher, »er war nämlich kein weltfremder Theoretiker, sondern dachte durchaus auch praktisch.«

»Was hat er denn noch erfunden?«, fragte Michelle. »Eine ganze Menge: eine Blendenautomatik für Fotoapparate, ein Spannungsmessgerät, einen Kreiselkompass – soweit ich weiß, hat er rund fünzig Erfindungen gemacht. Eine von Einstein erfundene Pumpe wird zum Beispiel heute noch in manchen Kernkraftwerken zur Kühlung eingesetzt. Einsteins Kühlschrank war allerdings kein Erfolg – er wurde von der technischen Entwicklung zu schnell überholt.«

Später am Abend sahen wir uns noch zusammen einen Sciencefictionfilm im Fernsehen an. Ein Schwarzes Loch drohte, das Raumschiff der Helden zu verschlingen. »Gibt es solche Schwarzen Löcher eigentlich wirklich?«, fragte meine Tochter besorgt. »Klar«, antwortete ich, »und das hat auch wieder etwas mit Einstein zu tun.«

Selbst Licht entkommt nicht

Meine Tochter verdrehte die Augen, aber ich ließ mich nicht beirren. »Massen krümmen den Raum – du erinnerst dich an die Periheldrehung beim Merkur und an die Lichtablenkung? Wenn nun die Masse immer größer und größer wird, dann nimmt die Raumkrümmung immer mehr zu, und irgendwann bekommt man ein Schwarzes Loch. Die Raumkrümmung eines Schwarzen Lochs ist so stark, dass nichts aus ihm entkommen kann, nicht einmal Licht. Deshalb heißt es ja auch Schwarzes Loch.«

»Aber auch wenn es Schwarze Löcher wirklich gibt, ist die Geschichte natürlich trotzdem Blödsinn«, meinte Michelle. »Wieso?«, fragte ich. »Na, wegen Einstein!«, antwortete meine Tochter, »der hat doch eine kosmische Geschwindigkeitsbegrenzung eingeführt. Kein Raumschiff kann sich schneller als das Licht bewegen, stimmt's? Nicht einmal die Enterprise!« <<

Rainer Kayser ist promovierter Astrophysiker und arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist in Hamburg. Er hat zwei Töchter, Jacqueline und Michelle, denen er schon mehrmals den Merkur gezeigt hat. Die Geschichte könnte sich deshalb zwar so zugetragen haben, ist aber frei erfunden.

AUF SPURENSUCHE IN DER MILCHSTRASSE

Ich war noch ein Kind, meine Heimatstadt war São Paulo, Brasilien. Auf einem Schulausflug ins schöne Monte Verde zeigte uns der Lehrer in einer kalten, klaren Winternacht die Milchstraße – auch sie eine große »Stadt«, in der wir leben, nur dass sie aus Sternen besteht!

>> Cristina Chiappini

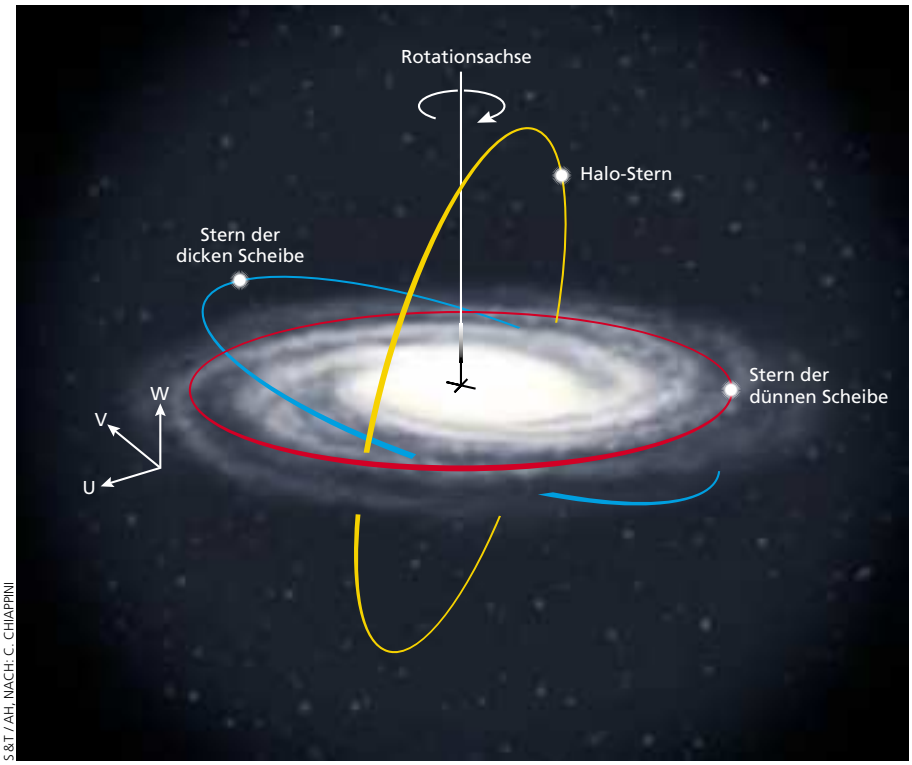
S&T, DENNIS DI CICCO

Nur mit Hilfe sorgfältiger Analysen der chemischen Zusammensetzung uralter Sterne können wir die Geschichte der Galaxis entschlüsseln.

Wie die anderen Spiralgalaxien hat auch die Milchstraße mehrere, sehr unterschiedliche Bestandteile, die sich während verschiedener Phasen ihrer Entstehung ausgebildet haben. Die Sterne, aus denen diese Komponenten bestehen, haben unterschiedliche chemische Zusammensetzungen und auch ihre Bewegungen innerhalb der Galaxis sind für die jeweiligen Bereiche charakteristisch. Diese Unterschiede geben uns Hinweise, wie die Milchstraße vor Milliarden Jahren entstand und wie sie sich entwickelte.

Die Bewegungen der Sterne werden von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst – auf die gleiche Weise, wie sich die Umlaufbahnen von Kometen oder Asteroiden durch enge Begegnungen mit anderen Körpern unseres Sonnensystems irgendwann drastisch verändern können. Das Rätsel der Galaxienentstehung zu lösen wird dadurch enorm erschwert – denn die Forscher stützen sich bei ihren Untersuchungen ausschließlich auf kinematische Daten, auf Messungen also, die uns verraten, wohin und wie schnell sich die Sterne in diesem Moment bewegen. Die chemische Zusammensetzung der äußeren Schichten eines Sterns hingegen verändert sich nach dessen Entstehung kaum. Die »chemischen Häufigkeiten« (siehe Glossar) sind also ein verlässlicheres Zeugnis für die Vergangenheit einer Sonne.

Im Idealfall würden wir natürlich gerne sowohl die chemischen als auch die kinematischen Eigenschaften einer großen Anzahl von Sternen untersuchen und diese Daten dann mit den Lösungen der theoretischen Entstehungsmodelle der Milchstraße vergleichen. Das ist keine einfache Aufgabe, denn ausreichend genaue Messungen lassen sich nur an Sternen unserer unmittelbaren Umgebung vornehmen. Hier ist aber schon bald ein Quantensprung zu erwarten: Im Sommer 2011 will die Europäische Weltraumorganisation Esa nämlich den Satelliten Gaia starten. Er wird Entfernungen, dreidimensionale Bewegungen, chemische Zusammensetzungen und viele andere Eigenschaften von Sternen messen, die über einen großen Bereich unserer Galaxis verstreut liegen.



S&T / AH, NACH C. CHIAPPINI

Drei Vektoren beschreiben die Bewegung der Sterne: U (radial), V (tangential) und W (vertikal)

Doch die vielen Wissenschaftler, die sich mit der Milchstraße beschäftigen, warten nicht einfach untätig auf den Start von Gaia. Bereits jetzt werden sowohl mit irdischen als auch mit Weltraumteleskopen ehrgeizige Himmelsdurchmusterungen durchgeführt – und fast täglich gibt es neue Entdeckungen.

Sterne – chemische Uhren im All

Wie versuchen Astronomen gegenwärtig, die offenen Fragen in der Entstehung von Galaxien zu lösen? Eine der bemerkenswertesten Errungenschaften der theoretischen Astrophysik war es, zu verstehen, woher die chemischen Elemente im Universum stammen. Wir wissen heute, dass nur einige wenige Elemente wie Wasserstoff, Deuterium (schwerer Wasserstoff), Helium und Lithium während des Urknalls erzeugt worden waren, während praktisch alle anderen erst danach, im Inneren der Sterne, entstanden.

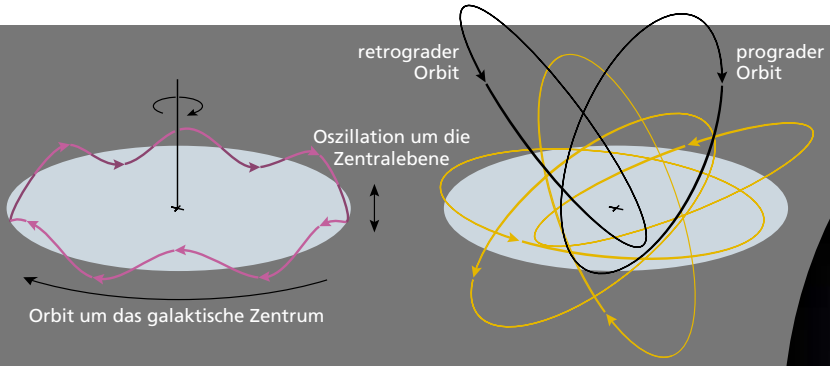
Der »Tod« eines Sterns ist dabei besonders wichtig. Dann nämlich wird der Großteil der Elemente, die während des Sternlebens produziert wurden, in das interstellare Medium freigesetzt (ISM, Gas und Staub, die fein verteilt den Raum zwischen den Sternen ausfüllen). Die neuen Elemente vermischen sich mit dem Gas und erhöhen dadurch die Metallizität (siehe Glossar) des ISM. Im Laufe der Zeit bilden sich aus diesem Gas neue Sterne, die dann mit den Endprodukten der »atomaren Asche« ihrer Vorgänger angereichert sind.

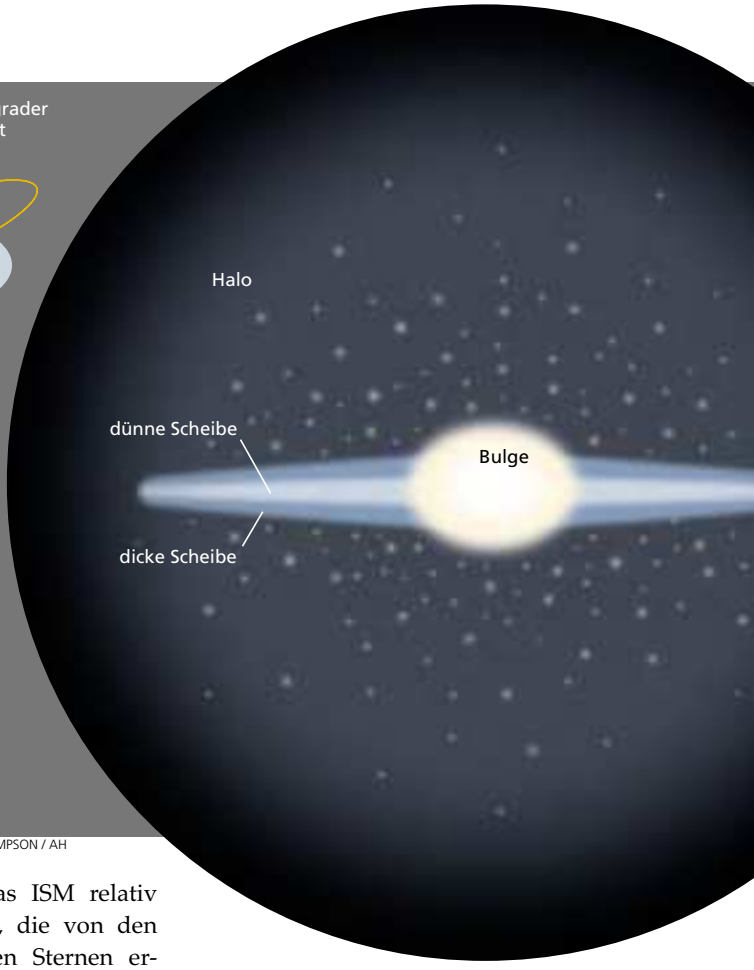
Sterne unterschiedlicher Masse reichern dabei das ISM mit verschiedenen Stoffen an. Je massereicher ein Stern ist, desto höher ist nämlich auch die Temperatur in seinem Kern. Je höher aber die Temperatur, desto schwerer sind wiederum die Elemente, die durch Kernfusion erzeugt werden. So können beispielsweise nur Sterne mit mehr als der achtfachen Sonnenmasse Isotope erzeugen, die aus dem Zusammenstoß zweier Alphateil-

GLOSSAR

Chemische Häufigkeiten sind ein Maß für Vorkommen chemischer Elemente. Oft wird zusammenfassend angegeben: X für den Bruchteil an Wasserstoff, Y für Helium und Z für alle schwereren Elemente, in der Astronomie meist salopp als »Metalle« bezeichnet. Für einen durchschnittlichen Stern ist X = 0,74; Y = 0,24 und Z = 0,02. Bei der Sonne sind dagegen X = 0,71 und Y = 0,27.

Metallizität ist dementsprechend das Verhältnis aus dem Z-Wert eines Sterns oder einer interstellaren Wolke und dem Z-Wert der Sonne. Sterne aus der Frühzeit des Universums haben eine Metallizität kleiner eins, junge Sterne größer eins.





Die »Bevölkerung« der Milchstraße setzt sich zusammen aus: dem relativ dichten Bulge, dem sehr diffusen Halo, der dünnen Scheibe und der dicken Scheibe (rechts). Die Sterne der beiden Scheiben folgen annähernd kreisförmigen Umlaufbahnen um das Zentrum der Galaxis. Sie oszillieren dabei aber um die Zentralebene, sodass sie sich einmal darunter, dann wieder darüber befinden (oben links). Die Objekte des Halos hingegen bewegen sich auf stark exzentrischen, steil gegen die Ebene geneigten Umlaufbahnen (oben rechts). Etwa die Hälfte davon sind retrograd (gegenläufig).

OBEN: S&T, S. A. SIMPSON / AH, NACH: BENNETT ET AL., THE COSMIC PERSPECTIVE, ADDISON-WESLEY; RECHTS: S&T, S. A. SIMPSON / AH

chen (Kerne von Heliumatomen) entstehen – Sauerstoff etwa.

Auch die Art, wie Sterne zu Grunde gehen, hängt mit ihrer Masse zusammen: Nachdem ein massereicher Stern in seinem Kern alle nuklearen Brennstoffreserven aufgebraucht hat, kommt es zu einer heftigen Explosion – einer Supernova vom Typ II. Sterne niedrigerer Masse – beispielsweise unsere Sonne – stoßen gegen Ende ihres Lebens »nur« den Großteil ihrer Hülle ab und bilden Planetarische Nebel, während ihre Kerne als Weiße Zwerge langsam auskühlen. Wird aber in einem Doppelsternsystem einer der beiden Sterne zu einem kohlenstoffhaltigen Weißen Zwerg, kann es dennoch zu einem Finale furioso kommen. Nämlich dann, wenn er seinem Begleiter so nahe steht, dass er Gas aus dessen Hülle absaugt, bis unter der Last der Kohlenstoff zündet und der Weiße Zwerg als Supernova vom Typ Ia explodiert (AH September / Oktober 2003, S. 28).

Schließlich entwickeln sich Sterne unterschiedlicher Masse auch unterschiedlich schnell: Die massereichsten Sterne strahlen nur wenige Millionen Jahre, bevor sie als Typ-II-Supernovae explodieren. Sterne niedriger Masse hingegen können Milliarden Jahre alt werden – auch jene Doppelsternsysteme, die zu Typ-Ia-Supernovae werden, brauchen dafür eine Milliarde Jahre oder mehr. Deshalb reichert sich das ISM relativ rasch mit Elementen an, die von den kurzlebigen, massereichen Sternen erzeugt werden (besonders Sauerstoff), aber nur sehr langsam mit denjenigen Elementen, die hauptsächlich von Sternen kleiner oder mittlerer Masse (wie Kohlenstoff und Stickstoff) oder von Typ-Ia-Supernovae stammen (speziell Eisen). Daher ist die Häufigkeit der verschiedenen chemischen Elemente wie eine kosmische Uhr, von der die Sternentstehung in verschiedenen Teilen der Milchstraße abgelesen werden kann.

Galaktische Anatomie

Wie alle Spiralgalaxien besteht sie aus einer abgeflachten Scheibe aus Gas und Sternen, die in der Mitte eine zentrale Aufwölbung aus Sternen besitzt, den »Bulge«. Die Scheibe setzt sich dabei aus zwei Komponenten zusammen: einer dicken Scheibe, die eine dünnere umhüllt. Umgeben ist alles von einem kugelförmigen Halo, der aus alten Sternen, Kugelsternhaufen und der geheimnisvollen dunklen Materie besteht.

Die Elementhäufigkeiten der Sterne in den jeweiligen Komponenten brachte den Astronomen eindeutige Hinweise, dass die Sternentstehung im Halo und im Bulge schon vor langer Zeit ihren Höhepunkt erreichte und seitdem nur noch spärlich abläuft. Im Gegensatz dazu wurden in der dünnen Scheibe zwar früher nicht so viele Sterne gebildet, dafür entstehen sie aber nach wie vor mit mehr oder weniger gleich bleibender Rate.

DER HALO Diese sphärische Komponente besteht aus Kugelsternhaufen und Sternen, die stark zur Scheibe geneigten, exzentrischen – also lang gestreckten – Umlaufbahnen folgen. Diese Sonnen sind alt und praktisch völlig frei von Metallen. Obwohl man bereits in den 1930er Jahren von der Existenz des Halos ausging, wurde er erst 1962 nachgewiesen. Damals zeigten Olin Eggen, Donald Lynden-Bell und Allan Sandage als Erste, wie man mit Hilfe stellarer Elementhäufigkeiten und Kinematik die Entstehung der Galaxis untersuchen konnte.

In einer Stichprobe aus 221 schnell laufenden Sternen fanden die Astronomen eine bemerkenswerte Korrelation zwischen einer chemischen und einer kinematischen Eigenschaft: Die Sterne mit der geringsten Metallizität (dem kleinsten Eisenanteil) bewegten sich allesamt auf extrem exzentrischen Umlaufbahnen. Die drei Astronomen wiesen damit eindeutig nach, dass die metallarmen Sterne zum Halo gehören. Das lässt den Schluss zu, dass der Halo zu der Zeit ent- >

> stand, als die Milchstraße gerade aus einer riesigen, primordialen Gaswolke (siehe Glossar) hervorging.

1978 hatten Leonard Searle und Robert Zinn allerdings eine völlig andere Idee: die Galaxis habe immer wieder Materie eingefangen – beispielsweise in Form von Zwerggalaxien – und dadurch wäre ihr Halo langsam angewachsen. Da sich solcher Nachschub unabhängig von der Milchstraße entwickelt hätte, konnte das Modell von Searle und Zinn auch die Alters- und Metallizitätsunterschiede zwischen den einzelnen Kugelsternhaufen erklären.

Generationenkonflikt

Es gibt tatsächlich viele Hinweise, dass die Galaxis sich seit ihrer Entstehung nicht völlig unbeeinflusst von ihrer Umgebung entwickelt hat: Das wichtigste Beispiel hierfür ist die Entdeckung der Sagittarius-Zwerggalaxie im Jahr 1994. Dieses langgezogene Sternsystem ist gerade dabei, mit der Milchstraße zu verschmelzen. Und im Zuge verschiedener Untersuchungen wird ständig noch mehr Material entdeckt, das von unserer Galaxis angezogen und verschluckt wurde.

Jüngste Forschungsergebnisse stellen diese Theorie jedoch in Frage. Hierzu wurden die Verhältnisse von Häufigkeiten in extrem metallarmen Sternen studiert. Solche Untersuchungen wurden erst in den letzten Jahren dank höchstauflösender Spektrografen möglich, wie dem Uves-Instrument am Very Large Telescope (VLT), jenem Quartett von Acht-Meter-Teleskopen in Chile.

Mit Uves konnten Astronomen Elementhäufigkeiten einer ziemlich großen Anzahl an Sternen ermitteln, deren Eisenanteil bei einem Zehntausendstel bis einem Tausendstel des Werts unserer Sonne liegt. Die Qualität ihrer Daten ist von bisher unerreichter Güte und das Ergebnis ist eine auffällige Gleichförmigkeit der chemischen Eigenschaften von Halosternen. Dies ist ein schwerer Schlag für die These, dass der ganze galaktische Halo sich durch das sukzessive »Verschlucken« kleinerer Sternsysteme mit verschiedenen Entwicklungsgeschichten gebildet habe. Stattdessen weist es darauf hin, dass die meisten – wenn nicht alle – Halosterne exakt die gleiche Entwicklung durchlaufen haben.

DER BULGE Da der Staub in der Milchstraßenebene kaum sichtbares Licht zu uns durchlässt (AH Mai/Juni 2003, S. 26), ist der zentrale Bauch unserer Galaxis ist nur sehr schwer zu beobachten. Doch Infrarotdetektoren erlauben uns, zumindest einige Informationen zu sammeln. Die heute verfügbaren Daten zeigen, dass die Metallhäufigkeiten bei den Sternen des Bulges stark variieren. Einige Astronomen glauben, dass er sich zwar in einem frühen Entstehungsstadium der Milchstraße bildete, seitdem aber ständig frisches Gas hinzuströmt, aus dem auch heute noch neue, metallreiche Sterne entstehen.

DIE DÜNNE SCHEIBE Bereits während ihrer Bildung aus Gas setzte hier wohl Sternentstehung ein. Aber nachträglich einfallendes Material könnte während der gesamten Entwicklung der Milchstraße sehr wichtig gewesen sein. Denn solches Gas wäre nicht durch Sternleichen »verunreinigt« und müsste daher eine niedrige, fast primordiale Metallizität aufweisen.

Der scheinbare Mangel an Sternen mit schweren Elementen in der Scheibe wird oft durch von außen einfallende Materie erklärt – ein Zustand, der von den Astronomen als G-Zwerg-Problem bezeichnet wird. Sterne vom Spektraltyp G sind in astronomischer Hinsicht kleine Sterne – Zwerge eben. Auch unsere Sonne gehört in diese Kategorie. Sie sind gerade massereich genug, um relativ langsam Wasserstoff zu Helium umzuwandeln. Folglich reicht der Brennstoff lange und diese Sterne können Milliarden von Jahren alt werden. Einige stammen noch aus der Zeit, als sich die Milchstraße gerade bildete. Hätte die dünne Scheibe der Galaxis von Anfang an eine konstante Masse gehabt, wären alle ihre G-Zwerge in der Frühzeit der Scheibe entstanden und sie sollten alle metallarm erscheinen. Tatsächlich gibt es aber relativ wenige metallarme G-Zwerge in der Scheibe.

Carepakete für die Galaxis

Nach Überlegungen der Autorin löst ein zweiter Einfall von Gas die weitere Sternentstehung aus.

Ein astronomischer Einfall

Gas, das von außen kommt, kann dieses Problem lösen. Hätten sich die ersten Sterne in der Scheibe gebildet, als diese erst einen Bruchteil ihrer heutigen Masse hatte, wäre nur eine relativ geringe Anzahl ihrer Sterne in einer Umgebung entstanden, die frei von schweren Elementen war. Zur Bildung späterer Sterngenerationen steht dann neues Material zur Verfügung, das mit den schweren Elementen dieser ersten Sterngeneration angereichert ist. Das zusätzlich einfallende frische Gas leitet dann den neuen Schwung von Sterngeburten ein.

Doch was war der Ursprung für das Gas, das später – oder sogar heute noch – die dünne Scheibe bildete? Einige Wissenschaftler vermuten, dass es einfach ein Überbleibsel des ersten, schnellen

Kollapses war, aus dem der Halo hervorging. Falls dem so wäre, hätte dieses Restmaterial wegen seines großen Drehimpulses lange gebraucht, um sich in die Scheibe abzusetzen. Andere denken, dass dieses Gas durch einen Zusammenstoß mit einer anderen großen Galaxie in unsere eingebracht wurde – oder auch durch mehrere Einverleibungen kleinerer Galaxien.

Diese Frage führt uns in ein völlig offenes Forschungsgebiet, wo unter Astronomen zurzeit viel und angeregt diskutiert wird. Ist die äußere Scheibe tatsächlich immer noch im Entstehen begriffen, wie es unsere aktuellen chemischen Evolutionsmodelle andeuten, so sollten wir auch jetzt noch einfallende Gaswolken beobachten können. Tatsächlich zeigt uns der Satellit Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer (Fuse), dass die Milchstraße von einer riesigen Hülle aus heißem Gas umgeben ist – vielleicht ein Überbleibsel von Gasfragmenten, die im noch jungen Universum miteinander verschmolzen sind. Auch so genannte High Velocity Clouds (HVCs, Hochgeschwindigkeitswolken) – also Wasserstoffwolken, die in die galaktische Scheibe hineinfallen – könnten Beweise für eine langsame Massenzunahme darstellen.

Doch die Ursprünge sowohl der HVCs als auch des von Fuse entdeckten heißen Gases sind noch nicht geklärt. Einige Forschungsergebnisse weisen zwar darauf hin, dass es sich dabei um genau das gesuchte, einfallende Material handeln könnte, andere jedoch deuten an, dass das Material aus dem Galactic-Fountain-Prozess (»Galaktischer Brunnen«) stammen könnte. Darunter versteht man den Ausstoß von Material aus der galaktischen Scheibe durch Supernova-Explosionen, wobei einiges davon wieder zurück in die Scheibe fällt und dabei als HVCs in Erscheinung tritt.

DIE DICKE SCHEIBE Wenn Sie noch nie in einem Astronomiebuch etwas von der dicken Scheibe der Galaxis gelesen haben, brauchen Sie sich nicht zu wundern: Ihre Existenz wurde erst 1983 von Gerard Gilmore und Neill Reid nachgewiesen. Sie unterscheidet sich von der dünnen Scheibe in mehreren Punkten. Die Sterne bewegen sich zwar ebenfalls um das galaktische Zentrum, allerdings nicht so schnell. Sie ist etwa zwei- bis viermal dicker als die dünne Scheibe. Außerdem liegt die Metallizität der Sterne zwischen denen der dünnen Scheibe und des Halos. Schließlich sind ihre Sterne relativ alt, wie die jüngeren im Halo, also rund zwölf Milliarden Jahre.

Bevor Astronomen auf Grundlage ausreichend genauer kinematischer Daten im Stande waren, die Sterne der dünnen und der dicken Scheibe zu unterscheiden, waren sie der Ansicht, die dicke Scheibe sei einfach eine Übergangspopulation, deren Eigenschaften genau zwischen denen der dünnen Scheibe und denen des Halos liegt. Doch neue Untersuchungen, die kinematische und chemische Daten kombinieren, weisen darauf hin, dass es sich bei den zwei Scheiben um eigenständige Komponenten handelt, die in verschiedenen Epochen und unterschiedlich schnell entstanden sind.

Überalterung der Milchstraße?

1996 fanden Forscher überzeugende Beweise dafür, dass die Sternentstehung irgendwann zwischen der Bildung des Halos und der der dünnen Scheibe zum Erliegen kam. Auf Basis dieser und ähnlicher Entdeckungen schlugen Francesca Matteucci, Raffaele Gratton und ich ein >

Chemische Fingerabdrücke der stellaren Entwicklung

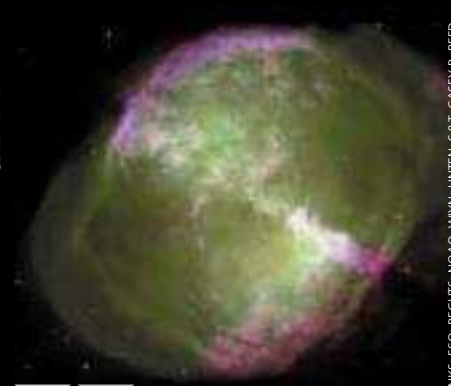
Während ihres explosiven Endes schleudern Sterne als Supernovae chemische Elemente in das interstellare Medium (ISM).

Sonnen mit der zehnfachen Masse unseres Zentralgestirns oder noch mehr bescheren uns ein Feuerwerk als »Kern-Kollaps-« oder »Typ-II-Supernova« (Foto rechts: Krebsnebel M1). Dabei werden die in Fusionsprozessen gebildeten Elemente Sauerstoff (O), Magnesium (Mg), Silizium (Si) und Schwefel (S) frei.

Hat der Stern weniger als zehn Sonnenmassen, stößt er seine äußeren Schichten als Planetarischer Nebel ab (ganz rechts: Hantelnebel M 27), die reich an Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) sind.

Werden Weiße Zwerge in einem engen Doppelsternsystem von ihrer Partnersonne mit Materie überhäuft (Illustration rechts), brechen sie irgendwann unter dem Druck zusammen und explodieren als »Typ-Ia-Supernova« (siehe »Anatomie einer Supernova«, AH September/Oktober 2003, S. 28). Dieser Prozess ist die stärkste Quelle für das Eisen (Fe) in der Galaxis.

16 O Sauerstoff 24 Mg Magnesium — Typ-II-Supernova

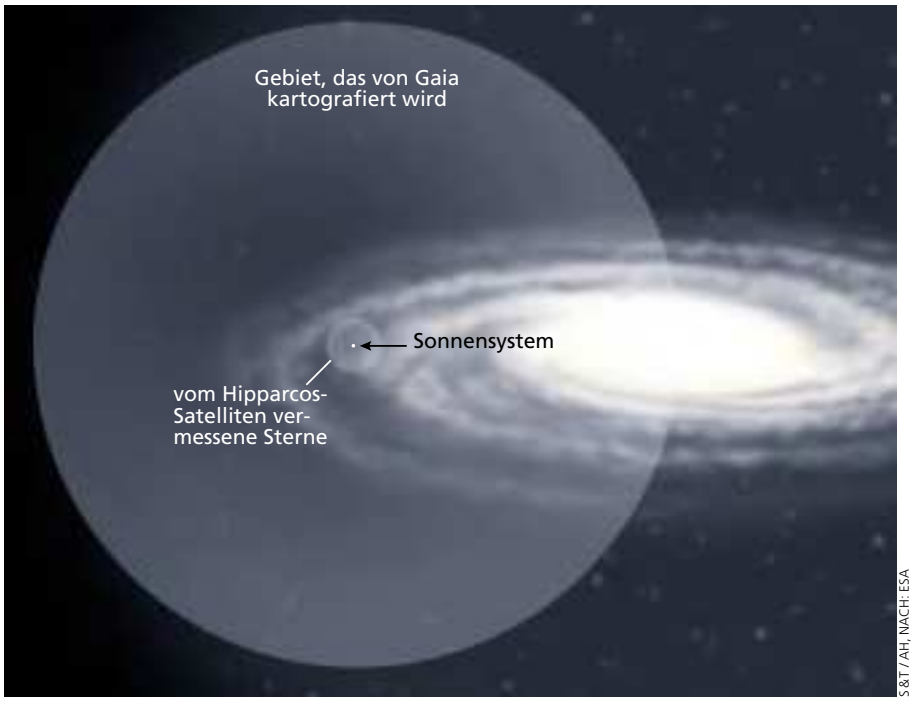


12 C Kohlenstoff 14 N Stickstoff — Planetarischer Nebel

LINKS: ESO; RECHTS: NOAO, WYN; UNTEN: S&T, CASEY B. REED

56 Fe Eisen — Typ-Ia-Supernova (künstl. Darstellung)

Hipparcos revolutionierte vor knapp 15 Jahren die Milchstraßenforschung. Gaia soll im nächsten Jahrzehnt durch die größere Reichweite seiner Instrumente für einen neuen Quantensprung sorgen.



S&T / AH, NACH: ESA

> »Doppel-Einfall-Modell« vor. Es besagt, dass der innere Halo, die dicke Scheibe und der Bulge durch einen ersten Gaseinfall entstanden. Ein zweiter, späterer Zustrom löste die Bildung der dünnen Scheibe aus – und dieser Prozess könnte heute noch im Gang sein.

Wir folgerten, dass sich der innere Halo innerhalb von höchstens einer Milliarde Jahren gebildet hat, während der äußere Halo und die dicke Scheibe dafür mehr Zeit gebraucht haben dürften – allerdings immer noch viel weniger als die dünne Scheibe. In einer neuen Studie untersuchte Klaus Fuhrmann vom MPI für extraterrestrische Physik in Garching die relativen Häufigkeiten von Magnesium (das wie Sauerstoff ein Produkt von Typ-II-Supernovae ist) und Eisen und kam zu dem Ergebnis, dass die Sternentstehung in der Galaxis zwischendurch für einige Milliarden Jahre zum Stillstand gekommen war. Das Doppel-Einfall-Modell erklärt diese Lücke dadurch, dass immer dann keine neuen Sterne mehr entstehen, wenn die Gasdichte unter einen gewissen Schwellenwert absinkt. Und genau das dürfte nach der Entstehung der dicken Scheibe passiert sein.

NRAO

Als die Sternentstehung dann wieder einsetzte, bildete sich langsam die dünne Scheibe – hauptsächlich aus Gas, das von außerhalb der Milchstraße einströmte. Sie wuchs dabei von innen nach außen, was erklärt, warum die Metallizität in ihren zentralen Regionen höher ist als die in den Außenbezirken – ein Phänomen, das in fast allen Spiralgalaxien beobachtet wird.

Viele aktuelle Beobachtungen liefern starke Indizien dafür, dass die Milchstraße und alle ähnlichen Galaxien sich auf wesentlich kompliziertere Weise gebildet haben, als man in den vergangenen Jahrzehnten glaubte. Noch ist es uns nicht möglich, die Evolution der Galaxis vollständig zu verstehen.

Uns fehlen immer noch viele Teile, um das Puzzle der Galaxienentstehung vollständig zusammenzusetzen. Einige Fragen werden von Teleskopen beantwortet werden, die noch größer sind als jene, die uns schon heute zur Verfügung stehen. Diese Geräte werden im Stande sein, chemische Fingerabdrücke weit entfernter Halo- und Bulge-Sterne abzunehmen.

Radio Andromeda Das Green-Bank-Radioteleskop sieht nicht nur den Wasserstoff in der Scheibe von M31 (blau), sondern auch diffuse Wolken (rot), die bei dieser Spiralgalaxie für Nachschub sorgen.

Auf Spurensuche bei allen Frequenzen

Um jedoch das gesamte Bild der Milchstraßenentstehung überblicken zu können, braucht man nicht nur große Augen, sondern auch Augen, die andere Teile des Spektrums wahrnehmen können als jenes enge spektrale Fenster, durch das wir den Kosmos sehen.

Derzeit sammeln das Weltraumteleskop Spitzer (AH 9/2004, S. 30) und der Galaxy Evolution Explorer (Galex) Daten im nahen infraroten und ultravioletten Bereich des Spektrums. Im Zusammenspiel werden uns diese Satelliten einen umfassenden Einblick in die Sternentstehung anderer Galaxien gewähren.

Alle Forscher, die unsere Heimatgalaxie untersuchen, erwarten mit großer Spannung den Start von Gaia. Er wird es uns erstmals gestatten, chemische Häufigkeiten in entfernten Teilen der galaktischen Scheibe und des Halos zu ermitteln. Zusammen mit den ebenfalls von Gaia ermittelten Daten der Sternbewegungen wird uns das dem Verständnis der Milchstraße einen großen Schritt näher bringen. <<

Cristina Chiappini ist Astronomin an der Triester Sternwarte. Sie untersucht die Entstehung der Milchstraße und den Ursprung der Elemente.

ASTROSPASS IM GROSSSTADTDSCHUNGEL

Viele berühmte Himmelsobjekte sehen am hellen Stadtfirmament fast ebenso gut aus wie an einem dunklen Landhimmel.

>> Tony Flanders

Die Lichter einer Großstadt müssen den Amateurbeobachter nicht immer stören.

DAVID REGEN

Technik gibt oft mit der einen und nimmt mit der anderen Hand. Dieses Sprichwort gilt auch für Sterngucker. Vor zweihundert Jahren konnten nur wenige Privilegierte davon träumen, etwas derart Wertvolles wie ein Teleskop zu besitzen. Doch damals – im vorindustriellen Zeitalter – brauchte man nur bei gutem Wetter vor die Tür zu treten und konnte die Milchstraße und Tausende von Sternen sehen.

In unserer modernen Industriegesellschaft reicht zwar das Gehalt weniger Wochen für den Kauf eines Teleskops, das jeden Astronomen des 19. Jahrhunderts vor Neid hätte erblassen lassen. Doch heute wohnen die meisten von uns in der Nähe großer Städte, die von vielen Neonreklamen und Straßenlaternen erleuchtet werden. Daher sind wir viel weniger mit dem gestirnten Himmel vertraut, als unsere Vorfahren es waren.

Ist es also hoffnungslos, als Amateurastronom am Rand einer Großstadt zu leben? Nein, ganz und gar nicht! Nicht einmal für Menschen, die mitten in der Stadt wohnen. Zwar gibt es zahlreiche Hindernisse für Amateurastronomen in Großstädten, das größte ist jedoch, dass die meisten davon ausgehen, das Beobachten des Sternhimmels sei dort gänzlich unmöglich.

Dabei müssen Sie, um Sterne zu sehen, lediglich in einer klaren Nacht hinausgehen und nach oben schauen. Doch viel zu wenige Mitbürger machen sich diese Mühe.

Taschenlampe mit Rotlicht

Auch Dorfbewohner wissen oft nicht, welche Schätze ihnen entgehen. Würden sie nach Einbruch der Dunkelheit nur für eine halbe Stunde in völliger Finsternis verweilen, so könnten sie diese entdecken. Also schalten Sie Ihren Fernseher aus, machen Sie das Licht aus und lassen Sie uns etwas Astronomie betreiben!

Die einzige Ausrüstung, die Sie für die Astronomie in der Stadt benötigen, ist diese Zeitschrift und eine Taschenlampe mit Rotlicht (damit Sie Ihre Nachtsicht behalten, während Sie die Sternkarten lesen). Mit nichts weiter als Ihren Augen können Sie an einem beliebigen klaren Abend schon die meisten Sternbilder ausmachen, die Mondphasen beobachten, die Bewegungen der Planeten verfolgen und vielleicht sogar verschiedene Meteore und künstliche Satelliten (siehe auch »Mit bloßem Auge« in AH 4/2005, S. 68). Auf Grund der Lichtverschmutzung in einer Stadt werden Sie allerdings nur Dutzende oder Hunderte von Sternen statt der Zigtausende sehen, die weit weg von den Lichtern der Metropolen zu erkennen sind. Und Sie müssen schon besonderes Glück haben, um die Milchstraße zu erspähen, die unter einem unberührten Himmel hell und überwältigend schön am Himmel leuchtet.

Wunderwaffe Feldstecher

Feldstecher können einen hellen Stadthimmel zwar nicht vollständig kompensieren, helfen aber schon ungemein. Selbst das kleinste Fernglas wird Ihnen vom Zentrum einer großen Stadt aus mehr Sterne zeigen, als Sie ohne Sehhilfe unter dem dunkelsten Himmel erkennen würden. Das macht sie unbezahlbar, um die Umrisse schwächerer Sternbilder zu erkennen oder wenn es darum geht, Ausschnitte des Himmels auszukundschaften, die Sie sich mit einem Teleskop eingehender ansehen möchten. Ich benutze zu diesem Zweck gerne einen 7×35-Feldstecher: Die niedrige siebenfache Vergrößerung bietet ein großes Gesichtsfeld, während die 35 Millimeter große Frontlinse genug Licht sammelt. Doch auch jedes andere Fernglas ist für diese Aufgabe gut geeignet.

Feldstecher sind zudem ideal, um große Sternhaufen wie die Hyaden oder die Plejaden zu beobachten, von denen es etwa ein Dutzend am Himmel gibt. Andere Objekte, die von der Stadt aus wirklich gut aussehen, sind so klein, dass wir sie stark vergrößern müssen, um einen befriedigenden Anblick zu erhalten. Und dafür benötigen Sie ein Fernrohr, denn in puncto Vergrößerung können Ferngläser mit Teleskopen nicht mithalten.

Sie wollen ein Teleskop kaufen? Dann gebe ich Ihnen einen wichtigen Tipp: Fernrohre mit großer Öffnung zeigen immer mehr als solche mit kleiner Öffnung – unabhängig vom Himmelsleuchten und der Lichtverschmutzung. Trotzdem sollten Sie kein Instrument erwerben, das Ihre Kapazitäten sprengt oder bei dem der Transport zur Qual wird – vor allem dann, wenn Sie nicht von zu Hause oder in der Nähe Ihres Grundstücks beobachten können. Abgesehen von solchen praktischen Überlegungen ist ein gutes Stadt-Fernrohr auch ein gutes Land-Teleskop und umgekehrt. >

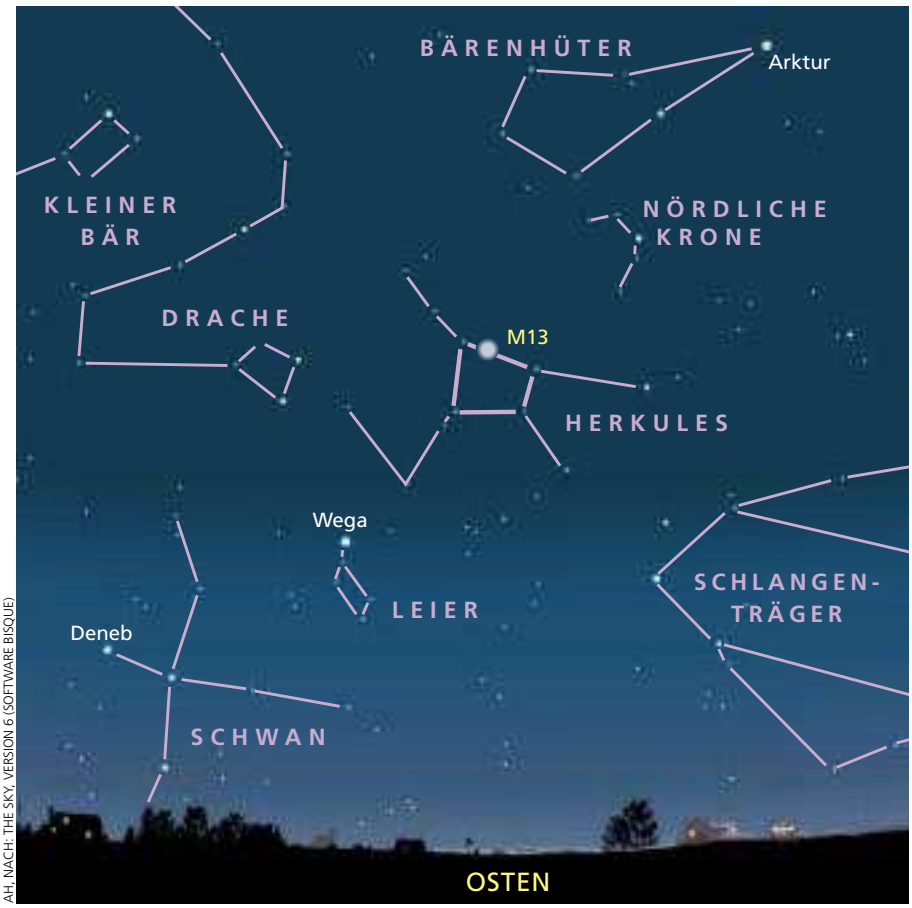
Der Kugelsternhaufen M13 im Sternbild Herkules besteht aus mehr als einer halben Million meist sehr alter Sterne.

VOLKER WENDEL

> Falls Sie bereits ein Teleskop besitzen, so gehen Sie unter allen Umständen hinaus und benutzen Sie es. Beim Blick durch mein kleines Linsenfernrohr mit nur knapp sieben Zentimeter Öffnung habe ich vom heimischen Stadtpark aus bereits mehr als hundert Galaxien, Nebel und Sternhaufen, Dutzende von Doppelsternen, etliche Kometen und Asteroiden sowie alle Planeten außer Pluto gesehen. Mein 17,5-Zentimeter-Spiegelteleskop zeigt zwar fünfmal mehr Objekte und die meisten von ihnen sehen darin wirklich großartig aus, doch es ist ein hartes Stück Arbeit, dieses Teleskop ohne Auto mehr als ein paar Häuserblocks weit zu bewegen. Im Gegensatz dazu lässt sich mein Refraktor und das Fotostativ, auf das er montiert ist, in einem Rucksack verstauen, sodass ich ihn mühelos zu Fuß oder mit Fahrrad, Bus oder U-Bahn transportieren kann.

Nun werden Sie fragen: Welche Preziosen kann ich denn von der Stadt aus sehen? Beinahe alle, doch einige leiden mehr unter der Lichtverschmutzung als andere. Die Objekte, die man am einfachsten findet, sind solche mit einer hohen Oberflächenhelligkeit – das bedeutet viel Licht pro Flächeneinheit. Betrachten Sie zum Beispiel eine lange Leuchtstoffröhre und eine Glühbirne, welche dieselbe Menge Licht aussenden. Die Leuchtstoffröhre ist viel größer, folglich ist ihre Oberflächenhelligkeit geringer. Werden beide ins direkte Sonnenlicht gehalten, fällt es Ihnen möglicherweise schwer zu sagen, ob die Leuchtstoffröhre an ist oder nicht. Die Glühbirne wird Ihnen jedoch immer noch ziemlich hell erscheinen.

Die himmlischen Pendants dieser Beiden sind Milchstraße und Venus. Wenn Sie das gesamte Licht der Milchstraße addieren, ist diese tatsächlich ein wenig heller als Venus. Doch ihr Licht ist über einen großen Bereich des Himmels verteilt, sodass es leicht vom künstlichen Himmelsleuchten überstrahlt wird: Selbst in den Vororten einer Stadt ist die Milchstraße daher glanzlos oder gar nicht zu sehen. Das Licht des Morgen- und Abendsterns Venus konzentriert sich dagegen in einem winzigen Scheibchen und scheint so mühelos auch durch die schlimmste Lichtverschmutzung hindurch. Sie können sie selbst bei Tageslicht oder in der Dämmerung entdecken, wenn Sie genau wissen, wohin Sie schauen müssen. Ebenso wie der Mond und



AH, NACH: THE SKY, VERSION 6 (SOFTWARE BISQUE)

Um M13 zu finden, ziehen Sie einfach in Gedanken eine Linie vom hellen Stern Arktur im Bärenhüter zur Wega im Sternbild Leier.

alle anderen Planeten sieht Venus durch ein Teleskop in der Stadt genauso gut aus wie auf dem Land.

Auch Fixsterne haben eine extrem hohe Oberflächenhelligkeit, sodass sie in der Stadt und auf dem Land ziemlich gleich aussehen – abgesehen von der Tatsache, dass Sie umso schwächer leuchtende Sterne sehen können, je dunkler der Himmel ist. Im Teleskop helle Sterne zu beobachten macht Spaß, vor allem dann, wenn sie eine intensive Farbe haben. Wenn Sie den einen oder anderen Stern genau betrachten, werden Sie manchmal feststellen, dass er in Wirklichkeit doppelt ist – zwei Lichtpunkte, die sehr nahe beieinander liegen. Doppelsterne sind besonders attraktiv, wenn sie – wie es häufig der Fall ist – kontrastierende Farben zeigen.

Besonders Sternhaufen leiden unter dem hellen Himmelshintergrund einer Stadt, da ihre Sterne oftmals eine große Bandbreite an Helligkeiten umfassen und die blasseren dazu neigen, bei starkem Himmelsleuchten unsichtbar zu werden. Es ist sogar so, dass nahe gelegene offene Sternhaufen wie die Plejaden sowie Doppelhaufen wie h und chi Persei von der Stadt aus auch in kleinen Fernrohren großartig aussehen, während die reichhaltigeren, aber weiter entfernt gelegenen Kugelsternhaufen erst ab einer Teleskopöffnung von zwanzig Zentimetern oder mehr spektakuläre Erscheinungen sind.

Leidende Sternhaufen

Wenn der Himmel zu aufgehellt ist, um die Milchstraße zu zeigen, werden auch die anderen Galaxien in ihrem Teleskop ziemlich düster aussehen. In den meisten Fällen sehen Sie dann lediglich einen kleinen, runden, aber unspektakulären Kern. Spaß macht es trotzdem – schon allein deswegen, weil Sie wissen, Sie betrachten etwas , das so weit entfernt liegt, dass sein Licht Millionen von Jahren gebraucht hat, um ihr Teleskop zu erreichen. Aber abgesehen von der Andromedagalaxie ist es sehr schwer, am Stadthimmel Sternsysteme auszumachen. Und wenn Sie sie erst einmal gefunden haben, werden Sie wahrscheinlich nicht lange bei ihnen verweilen.

Die meisten Nebel sind genauso blass wie Galaxien. Doch glücklicherweise macht es die heutige Technik möglich, viele von ihnen selbst unter einem aufgehellten Stadthimmel gut auszumachen. Der Grund dafür ist, dass sie im Wesentlichen in eng begrenzten Wellenlängen leuchten. So genannte Nebel- oder Schmalbandfilter dunkeln das Himmelsleuchten drastisch ab, lassen ihr Licht jedoch weit gehend ungedämpft durch. Leider nutzen Filter bei Sternen und Galaxien kaum, da diese Objekte ein Sammelsurium aller Lichtfarben aussenden. Daher verdunkelt jeder Filter, der das Himmelsleuchten ausblendet, auch Sterne und Galaxien etwas.

Über den Dächern der Stadt

Einen guten Beobachtungsplatz zu finden, ist oftmals die größte Herausforderung für einen städtischen Sterngucker. Sie sollten von dort ein ausreichend großes Stück Himmel überblicken können und keine hellen Lichter über sich haben, die Sie blenden, wenn Sie nach oben schauen. Straßenlaternen sind noch tolerierbar, wenn Sie nur am Mond oder an den Planeten interessiert sind. Möchten Sie aber dunklere Objekte wie Galaxien und Gasnebel beobachten, so sollten Sie diese Lampen unbedingt meiden.

Falls Sie einen Hinterhof oder Garten haben, so können Sie sich glücklich schätzen. Denn es lohnt sich allemal, auch weniger optimale Bedingungen in Kauf zu nehmen, wenn man dafür sein Teleskop mal eine Zeit lang unbeobachtet stehen lassen kann. In der Stadt sind jedoch viele Hinterhöfe derart hell oder von Bäumen umschlossen, dass sie kaum zum Sternebeobachten taugen. Abgesehen davon haben viele Stadthäuser überhaupt kein Hinterhof.

Falls Sie in einem Hochhaus wohnen, können Sie Ihre Beobachtungen vielleicht oberhalb der Bäume und Straßenlaternen anstellen. Ein Hausdach ist in mancherlei Hinsicht ideal für Stadtastronomie und manche Balkone sind fast ebenso gut. Falls Sie im obersten Stockwerk wohnen, schalten Sie unbedingt die Zimmerbeleuchtung aus, öffnen Sie das Fenster und sehen Sie, was Sie sehen können. Ich mache das in jeder klaren Nacht, schon um zu prüfen, ob alle Sterne noch dort sind, wo ich sie zuletzt gesehen habe, und um abzuschätzen, ob die Bedingungen eine längere Beobachtungstour rechtfertigen.

Wenn Sie von Ihrem Zuhause aus nicht auf die Pirsch nach Sternen und Galaxien gehen können, müssen Sie ein bisschen reisen. Ein Stadtpark kann gut sein, wenn dort nicht zu viele Bäume stehen. Auch Golfplätze und ungenutzte Sportplätze sind eine ziemlich gute Wahl. Überprüfen Sie die Plätze zunächst tagsüber und machen Sie einen erneuten kurzen Check in einer bewölkten Nacht. Schließlich wollen Sie nicht feststellen, dass Sie ein entscheidendes Detail übersehen haben, nachdem Sie Ihr Teleskop aufgebaut haben. >

BEIDE FOTOS: NIGHT SKY, DENNIS DI CICCO

Derselbe Himmelsausschnitt über einem städtischen Vorort (ganz oben) und auf dem Land (oben). Das Himmelsleuchten hat auf die hellsten Sterne einen geringen Effekt, verdeckt aber das diffuse Licht der Milchstraße.

NIGHT SKY, C.M. UTTER

NIGHT SKY, TONY FLANDERS

Für ausgedehnte Sitzungen benutzt der Autor gewöhnlich sein Dobson-Teleskop (links). Wenn er in Eile ist, muss jedoch auch schon mal der Refraktor auf dem Fenstersims (oben) ausreichen. Wird die Frontlinse gut belüftet, minimiert dies thermische Störungen.

> Falls Sie ein Auto besitzen, werden Sie vielleicht in Erwägung ziehen, gleich aus der Stadt hinauszufahren. Selbst eine nur kurze Reise kann schon zu einem deutlich dunkleren Himmel führen. Leider sind gute Beobachtungsplätze in den Vororten genauso schwer zu finden wie in der Innenstadt. Das Leuchten einer Großstadt ist noch aus über hundert Kilometer Entfernung zu sehen. Eine Möglichkeit besteht darin, Ihre örtliche Volkssternwarte zu kontaktieren. Einige Vereine verfügen über eigene Beobachtungsstationen. Und auch wenn sie keine haben, können die Sternfreunde dort Ihnen bestimmt einen guten Rat geben, wohin Sie gehen sollen. Tipps für gute Beobachtungsplätze gibt es auch auf vielen Seiten im Internet, zum Beispiel unter www.spechtelplatz.de.

Trotz all dieser Widrigkeiten sind Sie sich eine solche Reise irgendwann schuldig. Für mich ist die Milchstraße, die wie ein Band aus Juwelen vor dem samtschwarzen Himmel glitzert, der schönste Anblick der Welt. Aber versichern Sie sich, dass gerade kein Mond am Himmel steht, wenn Sie losziehen. Denn bei Vollmond ist der Himmel auf dem Land fast ebenso hell wie in der Stadt.

Erstaunen über Saturns Ringe

Stadtastronomie birgt sicherlich ihre Herausforderungen, doch sie bietet auch eine einfache Möglichkeit, Ihr Hobby mit anderen zu teilen. Wenn einer der hellen Planeten zu sehen ist, oder wenn sich der Mond in einer besonders schönen Phase befindet, beobachte ich vom Bürgersteig vor meinem Haus aus.

In meiner Straße sind eine Menge Fußgänger unterwegs, sodass mich oft Leute ansprechen. Es macht immer Spaß, den Gesichtsausdruck von Menschen zu sehen, die den Mond oder einen Planeten durch ein Teleskop betrachten. »Meine Güte!«, »Das ist nicht echt, oder?« und »Das gibt's doch nicht!« sind die üblichen Reaktionen, wenn Leute beispielsweise zum ersten Mal den Ringplaneten Saturn sehen.

Der Bürgersteig ist prima für einen schnellen Blick auf helle Objekte, doch wenn ich mir richtig Zeit nehmen will, den Himmel zu erkunden, gehe ich in den Stadtpark. Die meisten Menschen, die dort vorbeikommen, sind ebenfalls nicht in Eile – sie führen ihre Hunde Gassi oder genießen die laue Nachtluft. Manchmal wollen sie nur einen kurzen Blick durch das Teleskop werfen, ein andermal beginnen sie sich wirklich zu interessieren und ich kann sie mitnehmen auf eine Reise zu meinen liebsten Objekten am Himmel.

Selbst wenn der Blick durch mein großes Spiegelteleskop großartig ist, ziehe ich es manchmal vor, Objekte in meinem kleinen Refraktor einzustellen. Das größere Fernrohr ist zwar beeindruckend und die Leute versprechen sich viel davon. Doch sie sind viel überraschter, wenn ich mit nichts als einem Teleskop von der Größe meines Unterarms bewaffnet dasitze und ihnen ein Objekt nach dem anderen zeige. Es ist erstaunlich, dass so etwas Kleines und Einfaches wie ein Linsenteleskop einem eine Welt voller Schönheit eröffnen kann – einen Kosmos, der sonst über unseren Köpfen verborgen liegt. <<

Tony Flanders' erste Beobachtungserinnerung ist das Sternbild Orion, das er aus seinem Schlafzimmerfenster im zehnten Stock in Manhattan beobachtete.

Star-hopping

Es ist relativ leicht, sein Teleskop auf etwas zu richten, das bereits für das ungeübte Auge sichtbar ist, etwa auf einen hellen Planeten oder einen Stern. Der einfachste Weg, um ein mit bloßem Auge unsichtbares Objekt zu finden, ist, bei einem hellen Stern zu beginnen und von dort aus zum Ziel zu »springen« (Star-hopping). Am besten vergleichen Sie bei jedem Schritt alles, was Sie in Ihrem Okular oder Sucher sehen, mit Ihrer Sternkarte. Sternspringen ist an einem dunklen Himmel recht einfach, in der Stadt, wo in der Nähe Ihres Zielobjekts möglicherweise keine Sterne zu sehen sind, jedoch viel zeitraubender.

Ein Go-to-Teleskop kann Ihnen in diesem Fall viel Zeit und Frustration ersparen. Hier müssen Sie nur noch den Namen des Objekts kennen, dann stellt der Computer es automatisch für Sie ein. Doch viele Menschen genießen auch lange Spaziergänge am Sternhimmel, da man nie weiß, auf welche unerwarteten Schmankerln man unterwegs stößt.

NASA, JPL, SSI

Ringelpiez mit Saturn

Selbst mit einem kleinen Teleskop ist der malerischste Planet des Sonnensystems gut zu erkennen. **>> Andrew Chaikin**

Beim Beobachten habe ich meine Freude daran, die Wunder des Himmels mit Freunden, meiner Familie oder auch Fremden zu teilen. Sie kommen oft zufällig vorbei, wenn ich gerade am Teleskop stehe. Über die Jahre habe ich herausgefunden, dass kein Himmelsobjekt die Astro-Neulinge stärker beeindruckt als der Saturn, das beringte Meisterstück des Sonnensystems. Immer wieder löst der erste Blick durch ein Teleskop auf den Planeten einen Überraschungsschrei aus: »Man kann die Ringe sehen!« Selbst mit einem kleinen Instrument zeigen sich die majestätischen Ovale so klar, dass Saturn wie ein fein gearbeitetes Schmuckstück wirkt. Doch erst der zweite, dritte und vierte Blick enthüllen die faszinierenden Details dieser entfernten Riesenwelt.

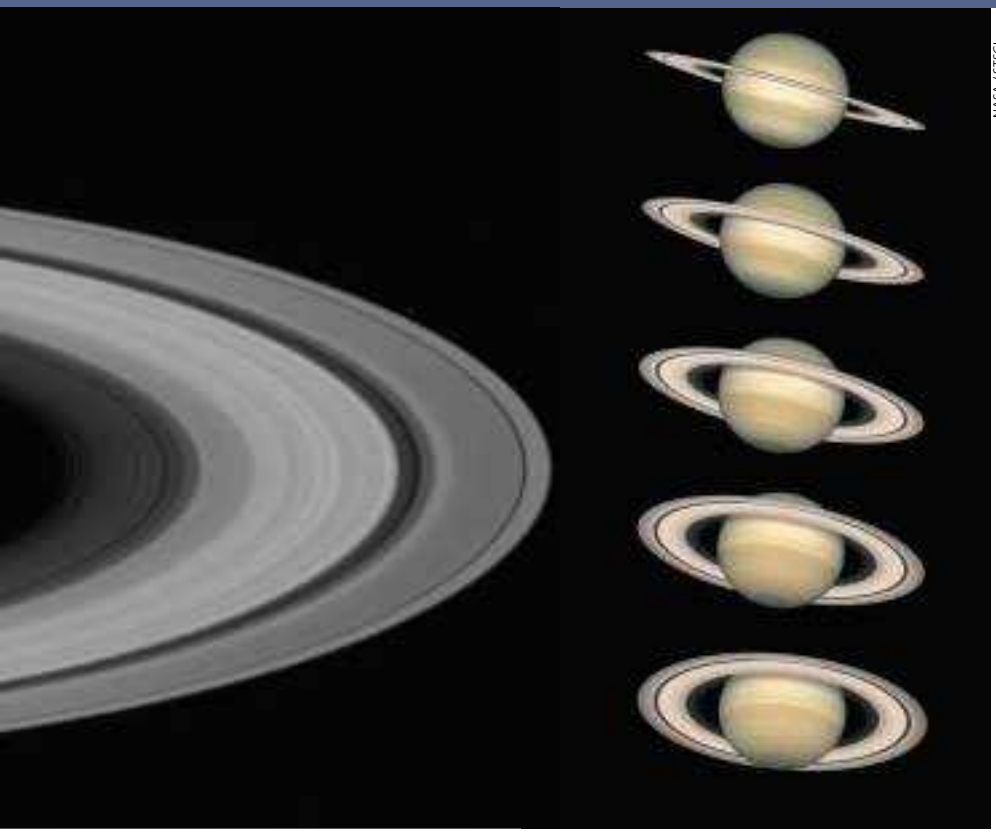
Zurzeit können Sie Saturn ideal beobachten: Er gibt sich so prächtig wie in diesem ganzen Jahrzehnt nicht mehr. Der Ringträger ist momentan ungefähr achtzig Millionen Kilometer näher an der Sonne als im Durchschnitt, denn er befindet sich nahezu am sonnennächsten Punkt seines 29,5 Jahre dauernden Umlaufs um unser Zentralgestirn. Hinzu kommt, dass die Ringe fast im maximalen Winkel zur Sonne gekippt sind, sodass sie ein hübsches Oval um den Planeten bilden.

Hell und leuchtend am Himmel

Während der nächsten Jahre werden die Ringe sich scheinbar verengen, bis wir sie 2009 von der Seite sehen und Saturn kurzzeitig schmucklos dasteht. Danach »dehnen« sich die Ringe wieder, bis sie sich 2017 erneut weit offen präsentieren.

Das Schlüsseldatum war der 13. Januar 2005, als die Erde dem Ringplaneten so nahe kam wie im ganzen Jahr nicht mehr. Dieses Ereignis wird Opposition genannt, denn Saturn und die Sonne standen sich von der Erde aus gesehen gegenüber. Ärgern Sie sich nicht, wenn Sie das verpasst haben: Saturn ist noch Monate danach fast ebenso hell und leicht sichtbar.

Der Planet steht im Mai abends am Himmel und geht gegen ein Uhr nachts unter. Je höher Saturn (oder jedes andere Himmelsobjekt) sich über dem Horizont befindet, durch desto weniger Luft müssen Sie blicken und desto ruhiger wird er in Ihrem Teleskop erscheinen. Wenn Sie sich an den Sternen orientieren, ist es leicht, den Ringplaneten zu erspähen. Schauen Sie gegen 23 Uhr nach Westen und suchen Sie einen hellen, isolierten Stern am Nachthimmel; das ist Prokyon (alpha Canis Minoris). Nun schweifen Sie mit dem Blick nach rechts oben, ungefähr so weit, wie Ihre gespreizten Finger bei ausgestrecktem Arm breit sind.



NASA / STSCI

Die Cassini-Sonde der Nasa

schoss im Mai 2004 diese exzellente Großaufnahme von Saturn. Zwei Monate später kam sie beim Ringplaneten an. Die Neigung des Ringsystems schwankt während Saturns Umlauf um die Sonne (rechts). Die kleinen Fotos stammen vom Hubble Space Telescope.

Das bringt Sie zu einem bogenförmigen Lichtertrio. Das hellste, unterste dieser Objekte ist Saturn; die anderen beiden sind Kastor und Pollux, die Köpfe der beiden Brüder im Sternbild Zwillinge. Es fällt auf, dass der Planet nicht blinkt und eine leicht goldene Farbe hat.

Die Ringe können Sie schon mit einem guten Feldstecher und mindestens zehnfacher Vergrößerung erkennen. Trotzdem bleibt es schwierig, wenn das Fernglas nicht an einem festen Gegenstand fixiert ist oder auf einem Stativ sitzt. Dagegen zeigt schon ein kleines Teleskop bei ungefähr fünfzigfacher Vergrößerung die Ringe deutlich.

Um Saturn richtig zu erkunden, benötigen Sie jedoch eine stärkere Vergrößerung – mindestens hundertfach – und Geduld. Sind Sie daran gewöhnt, die helle, kontrastreiche Landschaft unseres Monds zu betrachten, dann werden Sie feststellen, dass Saturn und die anderen Planeten Sie stärker fordern. Selbst am 13. Januar, als Saturn der Erde am nächsten war, betrug die Entfernung noch 1200 Millionen Kilometer. Und obwohl die Ringe sich über 280 000 Kilometer erstrecken – das ist mehr als der zwanzigfache Erddurchmesser –, sehen wir sie nicht größer als einen mittleren Mondkrater.

Unzählige Stücke Eis

Aber lassen Sie sich in Ihrem Elan nicht dadurch bremsen, dass Saturn so weit weg ist. Mit ein bisschen Übung werden Sie über die Details staunen, die Sie Ihrem Fernrohr entlocken können.

Saturns Ringe vermitteln den Eindruck, es handle sich um feste Scheiben, doch in Wirklichkeit bestehen sie aus unzähligen Eis- und Felsstücken. Deren Größe reicht von mikroskopisch kleinen Krümeln bis zu haushohen Trümmern, und jedes Partikel hat seine eigene Umlaufbahn um den Saturn. Es ist den Ringen nicht anzusehen, doch sie sind extrem dünn, nur einige hundert Meter! Wollte man von ihnen ein maßstabgerechtes Modell aus einem papierdicken Blatt machen, so müsste es etwa die gleiche Fläche wie Darmstadt haben.

Zunächst ähneln die Ringe eventuell einem diffusen Oval, aber mit ein bisschen Mühe sollten Sie einen inneren und einen äußeren Ring unterscheiden können, Ring A und Ring B genannt. Achten Sie auf den Farbunterschied: Der B-Ring ist hellgrau, beinahe weiß, während Ring A ein bisschen dunkler wirkt. Das liegt nicht an einer unterschiedlichen Zusammensetzung; die Partikel beider Ringe bestehen fast ausschließlich aus Eis. Ring B erscheint deshalb heller, weil seine Partikel dichter gepackt sind: Er hat weniger Lücken.

Sobald Sie die beiden Ringe erspäht haben, ist es Zeit nach der Cassinischen Teilung Ausschau zu halten, einem dunklen Spalt, der aussieht, als hätte jemand mit einem Stift eine Linie auf die Ringe gemalt. Welcher Mechanismus die Cassinische Teilung von Materie freihält, wissen die Forscher noch nicht genau. Den Innenrand der Teilung scheint der >

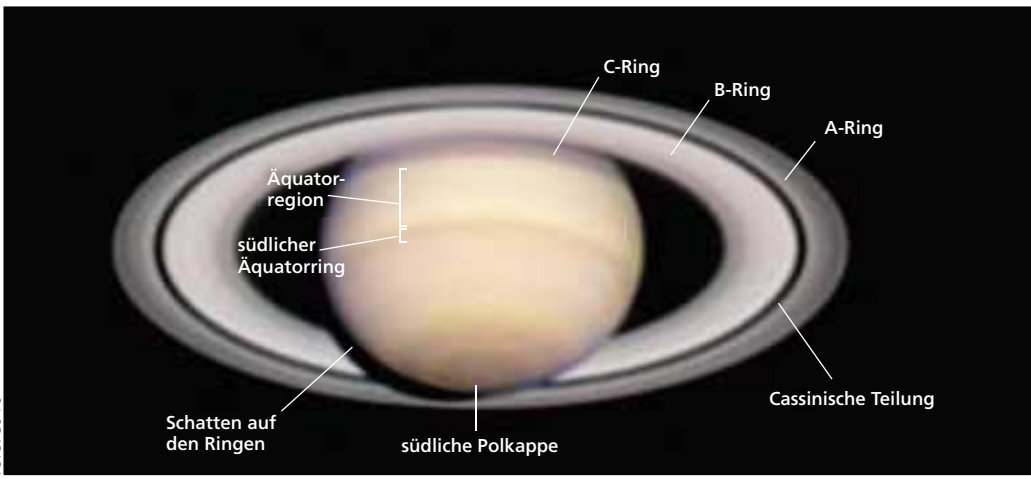
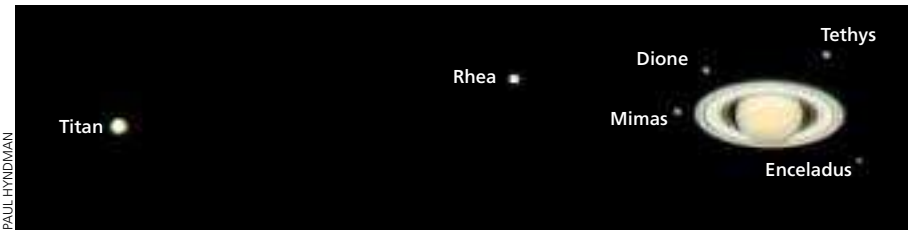


FOTO: GU YU

Ein gewöhnliches Teleskop

zeigt die beiden Hauptringe des Saturns (A und B) sowie die Cassinische Teilung. Der C-Ring ist schwieriger zu entdecken.

ANDREW CHAIKIN



PAUL HYNDMAN

Einige von Saturns größeren Satelliten lassen sich selbst bei Lichtverschmutzung in der Nähe des Ringträgers ausmachen (Bild oben). Links ein typisches Foto vom Saturn, das der Autor mit Hilfe seines Teleskops gemacht hat – mit starker Vergrößerung und bei ruhiger Atmosphäre.

> Schwerkrafteinfluss des Saturnmonds Mimas sauber zu fegen, aber für den äußeren Rand haben die Wissenschafter noch keine Erklärung.

Die Cassinische Teilung misst 4800 Kilometer. Ein so schmaler ringförmiger Spalt dürfte im Prinzip nicht sichtbar sein, wenn das Teleskop einen Hauptspiegel oder eine Hauptlinse mit einem Durchmesser von weniger als 25 Zentimetern besitzt. Doch wie so oft bei kontrastreichen Merkmalen leistet das Auge mehr, als die Theorie vorhersagt. In der Tat zeigt sich der Spalt bereits in Teleskopen mit einer Apertur von 7,5 Zentimetern und in einem Zehn-Zentimeter-Gerät ist er bei ruhiger Atmosphäre leicht zu erkennen. Geben Sie nicht gleich auf, wenn Sie die Teilung beim ersten Mal noch nicht finden!

Als eine etwas größere Herausforderung können Sie versuchen, den blassen, dunklen C-Ring zu finden, der noch innerhalb des B-Rings liegt. Verwenden Sie eine starke Vergrößerung und schauen Sie auf denjenigen Teil der Ringe, der mit Saturn überlappt. Dort ist der C-Abschnitt eventuell als zarte Schattierung zu erkennen.

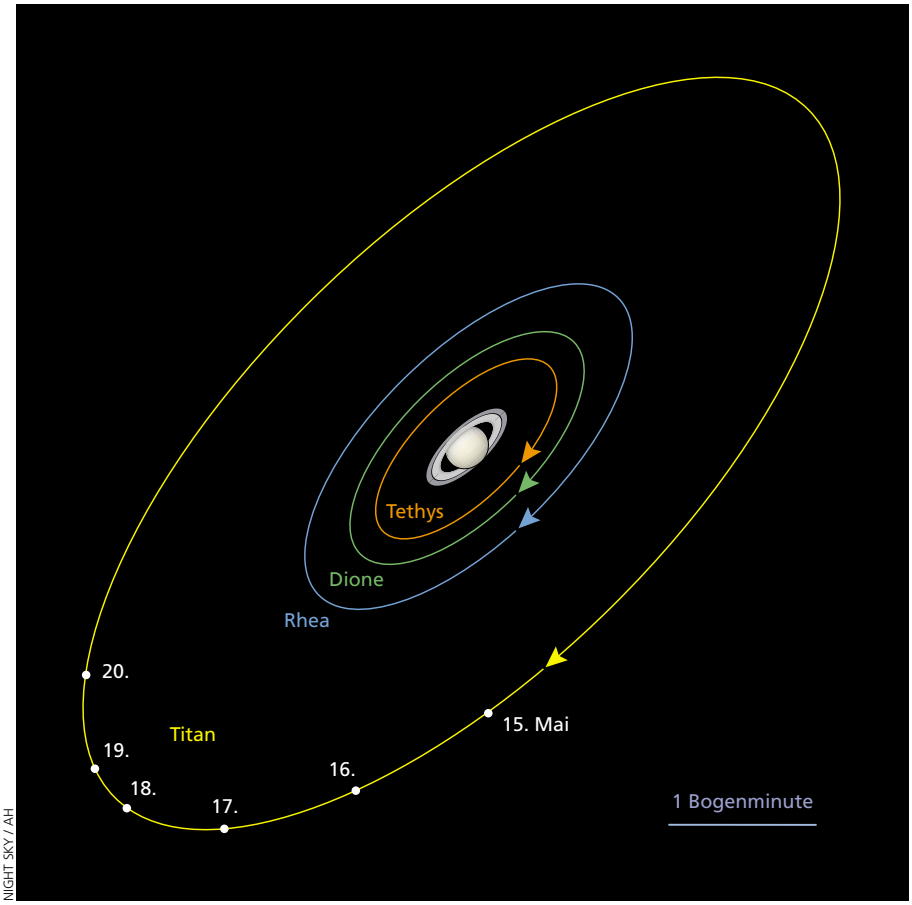
Im Schatten des Planeten

Ein anderes Merkmal, nach dem Sie Ausschau halten können, ist der Schatten, den Saturn auf das Ringsystem wirft. Suchen Sie nach einem harten »Schnitt« an der Stelle, wo die Ringe hinter dem Planeten verschwinden. Der Schatten trägt dazu bei, dem Saturnsystem eine beeindruckend dreidimensionale Erscheinung zu verleihen, was Sie bei einem Himmelsobjekt selten zu sehen bekommen.

Doch verwenden Sie Ihre Zeit nicht nur darauf, die Ringe zu bestaunen, denn es gibt auch auf Saturn selbst faszinierende Details zu entdecken. Die karamellfarbene Kugel hebt sich gegen die eher grauen Ringe ab. Achten Sie auf die feinen Hell-dunkel-Variationen, etwa das breite helle Band am Äquator und die dunklen Schattierungen an den Polen. Saturns Atmosphäre ist nicht annähernd so aktiv wie die Jupiters, doch gelegentlich durchpflügen riesige Stürme die mittleren Breiten des Planeten und erscheinen dann als kleine helle Flecken. Also: Halten Sie Ihre Augen offen, wenn Sie Saturn im Frühling beobachten!

Wie Jupiter, Uranus und Neptun ist Saturn ein Gasriese. Er besteht hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium und hat keine feste Oberfläche. Dennoch könnte tief unter den Wolken ein harter Kern aus Eis und Gestein verborgen sein. Die schnelle Rotation der Kugel – ein Tag dauert auf Saturn weniger als elf Stunden – führt dazu, dass sich die dichte Atmosphäre am Äquator ausbeult und an den Polen abplattet, mehr als bei jedem anderen Planeten in unserem Sonnensystem. Wenn Sie diesen stark vergrößert betrachten, werden Sie diese leichte Quetschung wahrnehmen.

Eine weitere Ähnlichkeit mit Jupiter besteht darin, dass Saturn eine Menge Trabanten besitzt – 33 sind es nach letzter



NIGHT SKY / AH

Wer suchet, der findet Saturns Trabanten am leichtesten, wenn er ihre Position schon kennt. Die Punkte markieren, wo Titan sich im Mai an einigen aufeinander folgenden Tagen befindet.

Zählung. Wer weiß, wo er zu suchen hat, kann die hellsten von ihnen entdecken. Titan, der größte, hat einen Durchmesser von mehr als 5100 Kilometern, ist also eineinhalb Mal so groß wie unser eigener Mond. Auch durch das kleinste Teleskop können Sie ihn als leuchtenden Stecknadelkopf erkennen, der Saturn am Himmel begleitet.

Organisches im Dunstmantel

Titan ist der einzige Mond im Sonnensystem mit einer dichten Atmosphäre. Der Dunstmantel enthält organische Moleküle, die es auch auf der Erde gab, bevor das Leben entstand. Aufschlussreiche Daten über Titan und seine Atmosphäre lieferte die Esa-Sonde Huygens, als sie im Januar 2005 auf diesem Mond landete (siehe »Schleier gelüftet«, AH 4/2005, S. 12).

Womöglich können Sie auch die eisigen Monde Dione, Rhea und Tethys erspähen – vorausgesetzt, Ihr Teleskop besitzt eine Öffnung von mindestens zehn Zentimetern. Alle drei Trabanten sind kleiner und leuchten matter als Titan, außerdem kreisen sie näher um Saturn. Mit Mimas und Enceladus ist es schon schwieriger. Eine Sternkarten-Software hilft Ihnen, sie zu entdecken. Auch den »Online Satellite Calculator« auf der Seite SkyandTeleskope.com/satmoons können Sie dazu ausprobieren.

Trotz alledem: Es sind eben doch die Ringe, die Saturn so attraktiv machen. Wer sie betrachtet, fragt sich vielleicht, wie sie entstanden sind. Über dieses Problem grübeln auch die Astronomen noch. Höchstwahrscheinlich bildeten sich die Eisscheiben, als ein kleiner Mond oder ein kometenartiger Körper mit einem Durchmesser von vielleicht 150 Kilometern Saturn zu nahe kam und von der enormen Schwerkraft des riesigen Planeten auseinander gerissen wurde. Früher dachten die Experten, dass sich diese Katastrophe vor ungefähr 4,5 Milliarden Jahren ereignete, als Saturn selbst entstand. Doch neuerdings überwiegt die Meinung, dass sich die Ringe vor sehr viel kürzerer Zeit gebildet haben müssen – vielleicht erst vor ein paar hundert Millionen Jahren.

Und das ist bloß eines der Rätsel um Saturn, seine Ringe und seine Monde, die die Wissenschaftler vielleicht dank der Cassini-Mission aufklären können.

NASA, JPL / CALTECH

Tethys versteckt sich hinter Dione: Dieses graue Pärchen bekam die Sonde Cassini im Februar vor die Kamera.

Seit die Sonde im Sommer 2004 den Ringplaneten zu umkreisen begann, hat sie detaillierte Bilder und andere Daten vom Saturnsystem zur Erde gefunkt. Noch jahrelang wird Cassini Fotos von dem Planeten schießen. Wenn Sie Ihr Teleskop auf Saturn richten, bekommen Sie eine Ahnung davon, wie faszinierend diese Mission für einen Astronauten wäre. <<

Andrew Chaikin hat die Landung von Huygens auf Titan verfolgt, indem er zwischen seinem Fernseher und seinem Teleskop hin- und hersprang.

FELDSTECHERTIPP

M 4: ein wunderbarer Kugelsternhaufen

Die meisten Kugelsternhaufen sehen bei der Betrachtung durch einen Feldstecher wie ein verschmierter Stern aus: ein kleiner, heller Kern, umgeben von einem schwachen Halo. Von vielen würden Sie nicht einmal erwarten, dass sie in Teleskopen gut aussehen. M 4 im Skorpion ist da anders.

Auf halbem Weg unterhalb der Verbindungslinie zwischen dem hellen, orangefarbenen Antares und Sigma Scorpii (σ Sco) gelegen, sieht dieser Kugelsternhaufen bereits mit 7×-Ferngläsern kaum noch wie ein Stern aus. Das liegt nicht nur daran, dass das vierte Objekt in Messiers Katalog am Himmel eine größere Ausdehnung einnimmt als andere Kugelsternhaufen. Es hat auch keinen so ausgeprägten sternhaften Kern. Dieses ungewöhnliche Erscheinungsbild von M 4 ist Segen und Fluch zugleich: Seine Ausdehnung und diffuse Natur machen ihn zu etwas ganz Besonderem an einem stockdunklen Nachthimmel, aber unter mäßigen Bedingungen wie in der Nähe einer Stadt macht ihn das Fehlen eines kompakten, hellen Kerns schwer auffindbar.

Dennoch, selbst von den Außenbezirken einer Metropole aus ist er ein attraktiver Fang – vorausgesetzt, Sie haben ein Instrument mit ausreichender Vergrößerung. Mit einem 7×50er Feldstecher können Sie ihn bereits entdecken, ein 10×-Fernglas gibt ein besseres Bild und das Optimum liefert ein bildstabilisierter 15×45er.

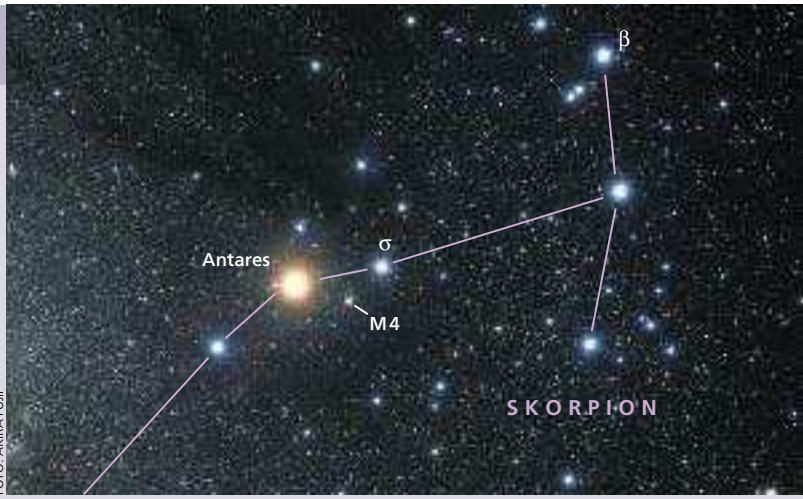
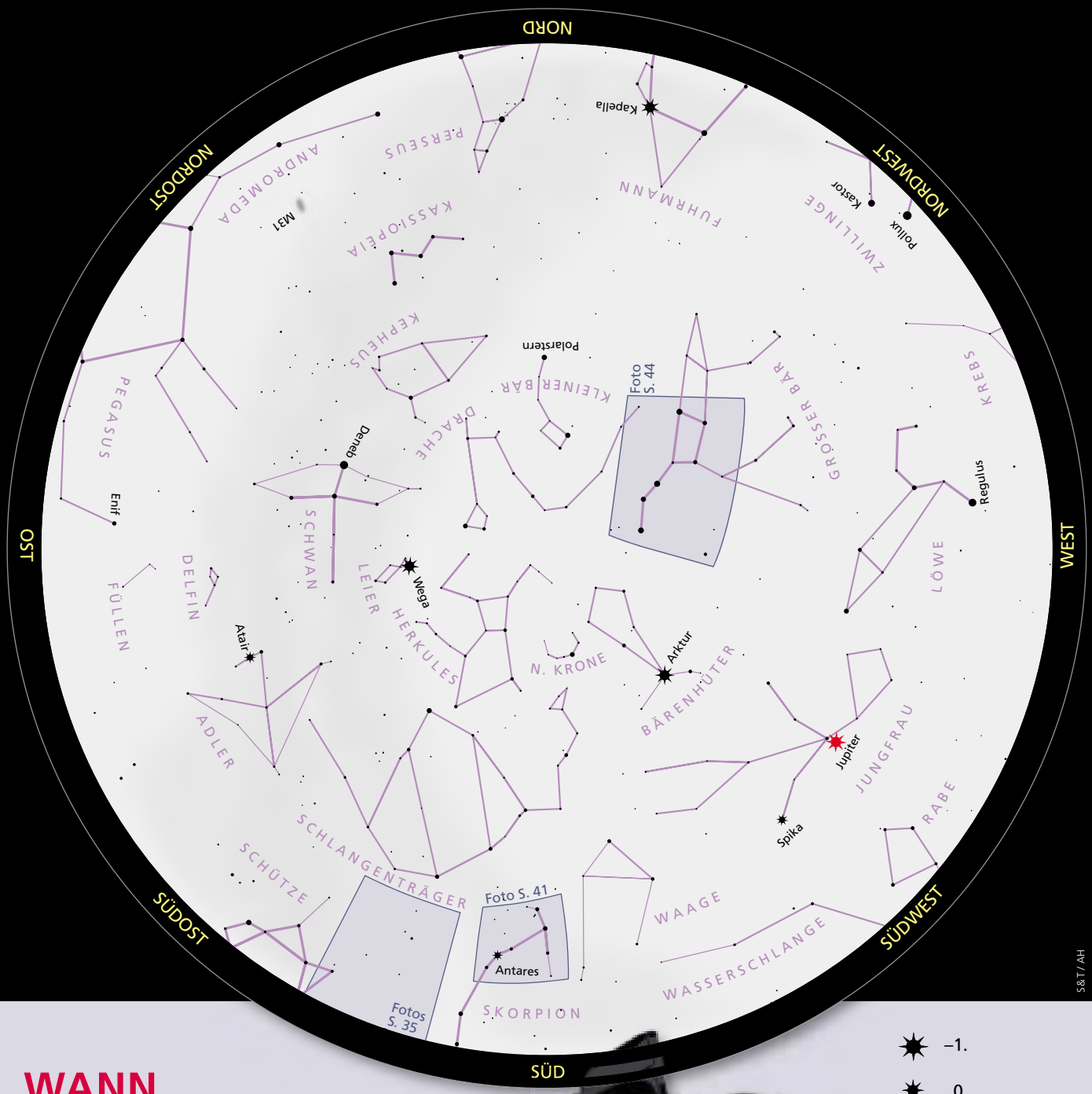


FOTO: AKIRA FUJII

Ein stumpfwinkliges Dreieck bildet M 4 mit dem hellen »Gegenmars« Antares und Sigma Scorpii (3. Größe).

Im Fall von M 4 bestätigt sich wieder einmal eine alte Faustregel: Wenn es darum geht, Deep-Sky-Objekte mit dem Feldstecher zu beobachten, ist die Vergrößerung wichtiger als der Linsendurchmesser. **>> Gary Seronik**

STERNTAFEL



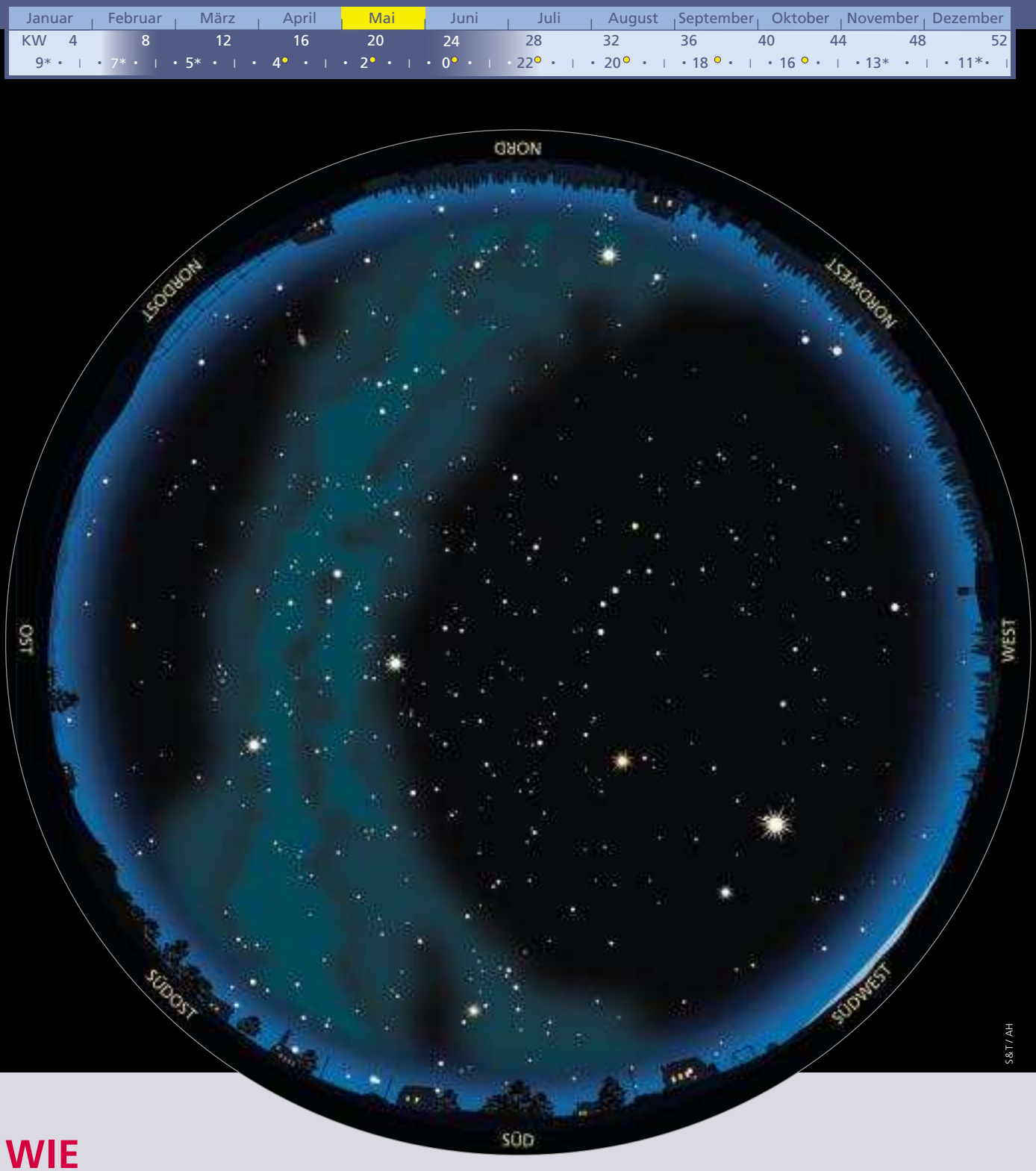
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

April, zweite Hälfte: **3 Uhr**°
Mai, erste Hälfte: **2 Uhr**°
Mai, zweite Hälfte: **1 Uhr**°

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



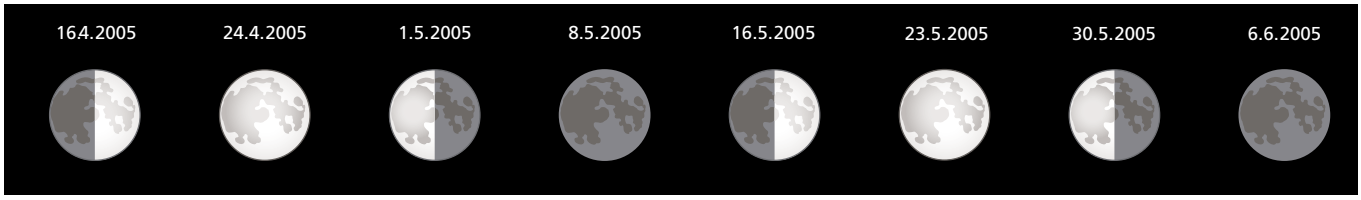
WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den ganz oben angegebenen Zeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder und Namen der hellen Sterne. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont. Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit.

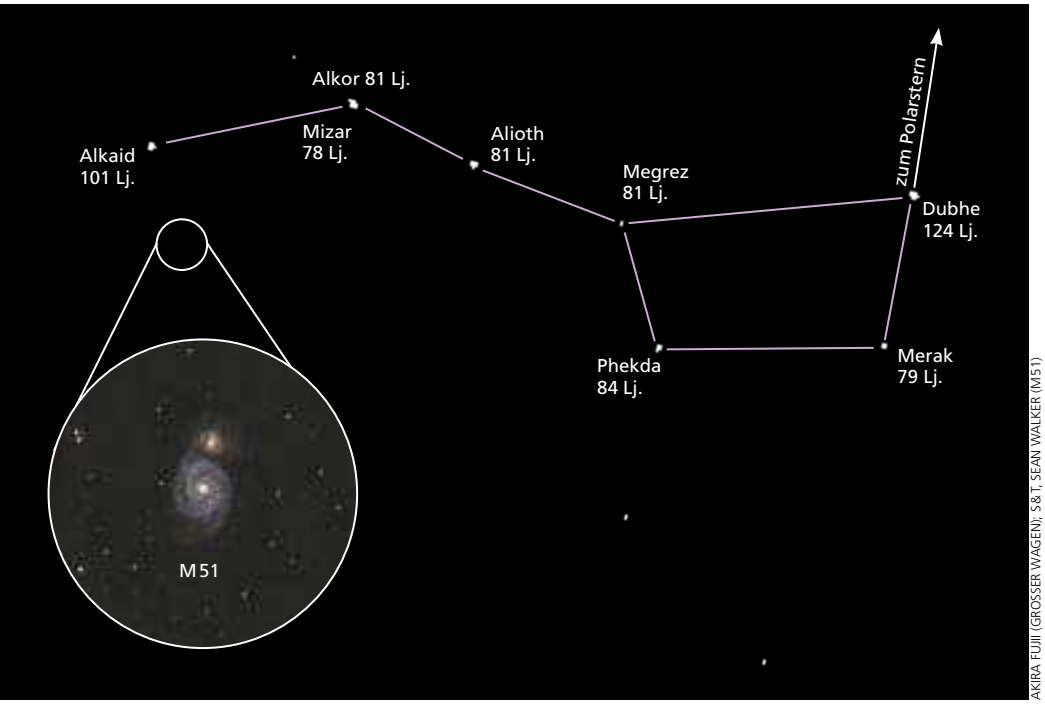
Beispiel: Das »Frühlingsdreieck« aus Arktur, Regulus und Spika neigt sich bereits gen Westen. Im Osten dagegen ist das »Sommerdreieck« aus Wega, Deneb und Atair schon vollständig über den Horizont geklettert. Im Nordosten liegt auch der berühmte Andromedanebel M31 bereits im Blickfeld.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



Frühlingszeit – Cabriozeit

Kaum hat die Blumenpracht ihren Höhepunkt erreicht, präsentiert sich auch der Große Wagen an der höchsten Stelle des Nachthimmels. **>> Fred Schaaf**



AKIRA FUJII (GROSSER WAGEN); S&T; SEAN WALKER (M51)

Drei Ausreißer Die Sterne des Großen Wagens sind alle ungefähr gleich weit von uns entfernt – bis auf Dubhe, Alkaid und M51.

Bei Einbruch der Dunkelheit steht der Große Wagen diesen Monat genau über unseren Köpfen im Zenit. Doch auch nach Mitternacht befindet er sich noch in guter Höhe für Beobachtungen. Er ist dann bereits in den Westen weitergewandert, wie Sie unseren Übersichtskarten auf den Seiten 42 und 43 entnehmen können.

Der Wagen ist ein Sternmuster (»Asterismus«) und gehört zum Sternbild Großer Bär (»Ursa Maior«, UMa). Er besteht aus sieben Sternen, die bis auf einen eine Helligkeit 2. Größe besitzen. Nur Megrez, der die Deichsel mit dem Wagen verbindet, ist mit 3. Größe ein wenig schwächer als die übrigen. »Großer Wagen« ist nicht die einzige Interpretation dieser sieben Sterne. In Amerika werden sie der Große Kochlöffel (»Big Dipper«) und in Großbritannien der Pflug (»Plough«) genannt. Wie verschieden er auch in den verschiedenen Ländern der Erde bezeichnet wird – er stellt das Hinterteil des Großen Bären dar, der damit eher wie eine große, langbeinige Maus aussieht.

Von den sieben Wagensternen gehören bis auf den ersten und den letzten alle zu einer Sterngruppe, die etwa achtzig Lichtjahre von der Erde entfernt ist und sich mit gleich bleibendem Abstand zueinander durch das All bewegt. Das ist ungewöhnlich, denn meist stehen Sterne einer Gruppe oder eines Haufens viel näher beieinander. Die Plejaden sind das wohl bekannteste Beispiel dafür.

Für Sterngucker ist Mizar (Zeta Ursae Maioris, ζ UMa), der Stern am Knick der Deichsel, wohl der interessanteste. Gute Beobachter können in einer klaren Nacht schon mit bloßem Auge seinen kleinen Begleiter Alkor (80 UMa) entdecken. Dieser sitzt direkt über ihm und wird deshalb liebevoll das Reiterlein genannt. Allerdings sind die beiden nur optisch ein Doppelstern. Tatsächlich ist Alkor knapp vier Lichtjahre von Mizar entfernt. Mit den meisten Teleskopen können Sie erkennen, dass Mizar ein Doppelstern ist, dessen zwei Komponenten nur ein Fünfzigstel des Abstands von Mizar und Alkor auseinander stehen.

Der Große Wagen ist berühmt als Wegweiser zum kleinen Bären (»Ursa Minor«, UMi) und dem Polarstern darin (auch »Polaris«, Alpha Ursae Minoris, α UMi). Um ihn zu finden ziehen Sie eine gedachte Linie von Merak zu Dubhe, den beiden Objekten am hinteren Ende des Wagens. Verlängern Sie diese anschließend um eine weitere Wagenlänge, was etwa dem Fünffachen entspricht, in Rich-

tung Norden. Dadurch gelangen sie zu Polaris, der sehr nahe am nördlichen Himmelspol liegt und damit Tag und Nacht an derselben Stelle steht. Durch diesen Punkt geht die Achse um die sich alle Sternbilder am Himmel drehen. Von unseren geografischen Breiten aus betrachtet geht der Große Wagen niemals auf oder unter, er ist jede Nacht sichtbar und gehört damit zu den zirkumpolaren Sternbildern.

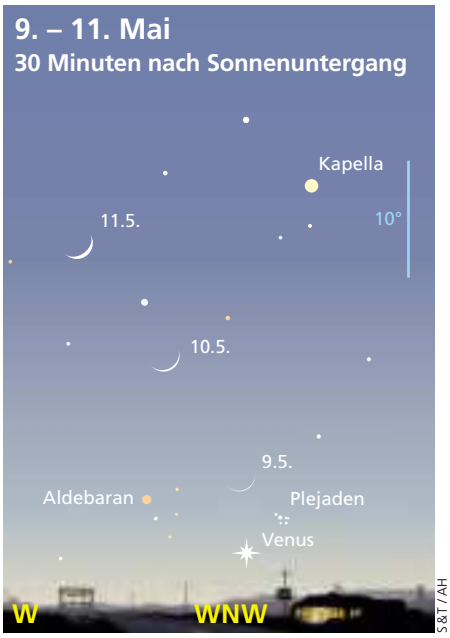
Bemerkenswert ist, dass der Polarstern mit 2. Größe nicht heller zu sein scheint als die Sterne des Großen Wagens. Er ist jedoch deutlich erkennbar, da sich keine weiteren hellen Sterne in seiner unmittelbaren Umgebung befinden.

Auch der vordere Teil des Großen Wagens wird als Wegweiser verwendet. Verlängern Sie einmal die Deichsel, wobei sie deren Krümmung berücksichtigen müssen. Nach etwa einer zusätzlichen Wagenlänge stoßen Sie im Sternbild Bärenhüter (»Bootes«) auf den 0. Größe hellen Stern Arktur (Alpha Bootes, α Boo). Verlängern Sie die Kurve noch weiter in Richtung Horizont, erreichen Sie Spika (Alpha Virgins, α Vir) in der Jungfrau.

Der Name Arktur stammt aus dem Griechischen und bedeutet ebenso wie der seines Sternbilds »Hüter der Bären«. Die Bezeichnung erklärt sich daraus, dass er den Bären auf ihrer Bahn um den Himmelspol ewig folgt. Dabei unterstützen ihn die Jagdhunde (»Canes Venatici«, CVn), ein kompaktes, neuzeitliches Sternbild. Es wurde erst vor wenigen hundert Jahren ersonnen und ist zu blass und unscheinbar für unsere Übersichtskarte.

Unweit der Deichsel des Wagens befindet sich ein Schmuckstück für Deep-Sky-Beobachter, die »Whirlpool-Galaxie« M51. Mit einem Zwanzig-Zentimeter-Teleskop können Sie unter einem klaren, dunklen Himmel Andeutungen ihrer Spiralform und der merkwürdigen Begleitgalaxie erkennen. Diese sieht in einem großen Teleskop wie ein Klecks aus, der an einen der Spiralarme von M51 geklebt wurde.

Venus als Abendstern Unser Nachbarplanet gibt sich ein Stelldichein mit Aldebaran, dem Hauptstern des »Stiers«.



Planeten im Mai

Jupiter und Saturn treten in der Abenddämmerung im Süden beziehungsweise Westen deutlich hervor. Der Ringplanet geht gegen Mitternacht unter, während Jupiter fast die ganze Nacht hindurch am Himmel steht.

Venus blinzelt kurz nach Sonnenuntergang sehr tief im Westnordwesten über den Horizont. Sie steigt jede Woche ein wenig höher.

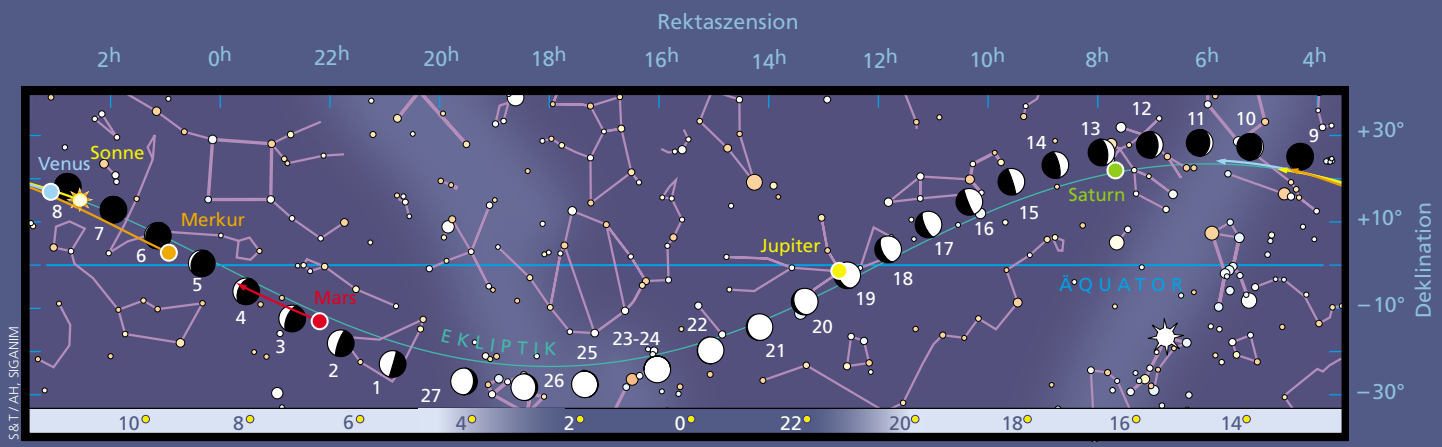
Mars geht früh in den Morgenstunden auf und scheint während der hellen Dämmerung im Südosten, bis er im Tageslicht verblasst.

Der Mond hat diesen Monat einige interessante Begegnungen mit hellen Sternen und den Planeten. Am Beginn (3.) und am Ende (31.) des Monats besucht die abnehmende Sichel den Planeten Mars in den frühen Morgenstunden. In der Abenddämmerung des 9. Mai steht die schlanke zunehmende Mondsichel oberhalb der Venus (Grafik oben). Am Abend des 13. Mai befindet sich der Mond unterhalb von Pollux und Saturn in den Zwillingen, am 16. Mai ist der Halbmond bereits bei Regulus im Löwen angekommen. Ein paar Tage später, am 19. Mai, können Sie bei Einbruch der Nacht einen recht fetten Mond links unterhalb von Jupiter und in der nächsten Nacht bei Spika bewundern. Vom 23. auf den 24. Mai steht der Vollmond sehr dicht bei Antares im Sternbild Skorpion. <<

Das Monatspanorama zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 27. Mai. Die Pfeile kennzeichnen die Wege von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Uhrzeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf ist Redakteur bei Sky&Telescope und berichtet auch für ASTRONOMIE HEUTE jeden Monat über die wichtigsten Ereignisse am gestirnten Himmel.

Der Mond und die Planeten im Mai 2005



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

Faszinierende Ansichten bieten die Vorführungen im neuen Hamburger Planetarium.

EVANS AND SUTHERLAND

TEIL 2

75 Jahre Planetarium Hamburg

Wo früher Wasser floss, strömen heute wissensdurstige Besucher in multimediale Astroshows. >> **Dagny Lüdemann**

Rechtzeitig zum Jubiläum wurde das Hamburger Planetarium modernisiert. In Teil 1 berichteten wir über die Umbauten und die technischen Neuerungen – allen voran der neue Projektor Universarium Modell XI (siehe AH 4/2005, S. 62). Doch vom alten Wasserturm bis zum modernsten Sterntheater der Welt war es ein langer Weg.

Nach einem Entwurf des Dresdener Architekten Oscar Menzel stellte Baudirektor Fritz Schumacher – Schöpfer der berühmten Davidwache auf der Reeperbahn – den Wasserturm im Hamburger Stadtpark zwischen 1912 und 1915 fertig. Von da an wurde der Stadtteil Winterhude von dem roten Backsteingebäude aus mit Wasser versorgt, doch mit der Entwicklung moderner Hochdruckpumpen war diese Technik bald veraltet. Bereits 1924 wurde der Wasserturm wieder stillgelegt.

Als die Hamburger Bürgerschaft sich im folgenden Jahr zum Kauf eines Planetariumsprojektors vom Typ Zeiss Modell II entschloss, war noch völlig unklar, wo das Gerät eingebaut werden sollte. Nach einer langen Standortdiskussion fiel schließlich die Entscheidung: Der alte Wasserturm sollte zum Planetarium werden.

Glücklicher Zufall

Am 22. April 1930 wurde es offiziell mit einer Vorführung für den Hamburger Senat eingeweiht. Bereits acht Tage später fand die erste öffentliche Veranstaltung statt. Auch als 1939 Soldaten die Ausstellungsräume bezogen, um den Turm als Flakbeobachtungsstützpunkt zu nutzen, ging der Vorführbetrieb weiter. Zeichnungen, mit denen sich die Soldaten an den Wänden einiger Räume verewigten, zeugen noch heute vom Zweiten Weltkrieg. Nur ein glücklicher Zufall bewahrte das Gebäude vor der Zerstörung, als 1944 eine Luftmine den Wasserturm um wenige Meter verfehlte. Nach Kriegsende fanden Flüchtlinge in den Ausstellungsräumen Unterschlupf.

Der Gesellschaft für volkstümliche Astronomie (GvA) standen über dreißig Jahre lang Räume im alten Turm zur Verfügung. Im Zuge des Umbaus wurde der Mietvertrag 2002 gekündigt. Der Versuch aller Beteiligten, eine Lösung zu finden, damit der Verein die Räume weiterhin nutzen könnte, scheiterte. Bruno Mattern, der seit 2000 als Techniker im Planetarium

Knapp verfehlt von einer Luftmine wurde das Planetarium im ehemaligen Hamburger Wasserturm während des Zweiten Weltkriegs.

arbeitet, stand der GvA in dieser turbulenten Zeit vor. »Damals gab ich meine Aufgabe als Vorstand auf, denn man kann nur eines Herren Diener sein«, sagt er, »die Räume der GvA sind nach der Modernisierung von der Kulturbehörde nicht mehr eingeplant worden.« Jetzt dienen die Räumlichkeiten als Büros, denn nach dem Umbau wurden zusätzliche Mitarbeiter eingestellt. Inzwischen haben die rund 600 Sterngucker einen neuen Beobachtungsposten auf einem Hochhausdach in Bergedorf gefunden.

Konzerte und Sternreisen

Im Hamburger Planetarium sind nicht nur baulich und technisch neue Zeiten angebrochen. »Heutzutage reicht es nicht mehr aus, den Menschen ein bloßes Abbild unseres irdischen Himmels vorzuführen«, sagt der Leiter Thomas Kraupe. »Ich begreife mich als Intendant eines Sterntheaters«, so der 48-Jährige, der zuvor bereits Chef des Münchener Planetariums war. Mit Konzerten, Sternreisen und Ausstellungen möchte er den alten Wasserturm zu einer kulturellen Begegnungsstätte machen, ohne die Wissenschaft dabei aus den Augen zu verlieren. »Moderne Astrophysik kann man schon lange nicht mehr allein mit bloßem Auge am nächtlichen Sternhimmel entdecken, aber mit digitalen Simulationsmethoden im neuen Planetarium durchaus erlebbar machen«, erklärt er sein Konzept. Und es geht auf, denn die Besucherzahlen sind seit dem Umbau deutlich angestiegen.

Bereits Ende der 1990er Jahre beriet Kraupe das Planetarium in New York City bei der Umgestaltung. »Die Kombination aus Digistar3 und dem Universarium-IX-Projektor übertrifft die Technik am Hayden-Planetarium im American Museum of Natural History. In Hamburg ist jetzt nicht nur der naturgetreueste irdische Sternhimmel zu sehen, sondern der ganze Kosmos in seiner räumlichen Tiefe erfahrbar«, schwärmt er.

Mit der neuen Technik des Planetariums Hamburg wird das gesamte moderne Universum als dreidimensionales, begehbares Modell dargestellt. »Auf diese Weise können wir unsere Besucher auf authentische Forschungsreisen in den Kosmos mitnehmen – wie etwa mit Cassini zum Saturn oder mit Hubble ins Deep Field«, sagt Kraupe. Das Echtzeit-Computersystem des Digistar3 enthält unter anderem den kompletten Hipparcos-Katalog mit 100 000 Sternen und wird ständig mit Forschungsergebnissen und den neusten Daten aus dem All aktualisiert.

Heutzutage werden Projektionsshows für Planetarien von internationalen Teams aus Grafikern, Computerspezialisten, Wissenschaftlern und Musikern produziert. Das Ergebnis sind beeindruckende virtuelle Erlebniswelten, in denen die Grenze zwischen Realität und Fiktion aufgehoben scheint. <<

Die Wissenschaftsjournalistin **Dagny Lüdemann** kommt aus Hamburg und bestaunte bereits als Grundschülerin den Sternhimmel im alten Wasserturm.

PLANETARIUM HAMBURG

Jubiläumswoche 2005

Donnerstag, 28.4.:
10.00–10.45 Uhr: Planetenreise: Das Geheimnis der Papierrakete
11.00–11.50 und 19.00–19.50 Uhr: Unendliche Weiten – Vom Urknall zur Erde
12.00–12.50 und 18.00–18.50 Uhr: Faszination Weltall – Hubbles große Reise durch Raum und Zeit
13.30–14.10 Uhr: Kaluoka'hina – Das Zauberriff
15.00–16.15 Uhr: Sternenklang am Nachmittag
17.00–17.50 Uhr: Aufbruch zum Saturn – Erforschung des Ringplaneten
20.15–21.10 Uhr: Dark Side of the Moon – Pink Floyd
21.30–22.40 Uhr: Deep Space Night Show Special – Mit Simon Böttcher

Freitag, 29.4.:
10.00–10.50 Uhr: Sterne der Pharaonen
11.00–11.40 und 16.00–16.40 Uhr: Kaluoka'hina – Das Zauberriff
12.00–12.50, 13.30–14.20 und 17.00–17.50 Uhr: Faszination Weltall – Hubbles große Reise durch Raum und Zeit
15.00 bis 5.50 Uhr: Unendliche Weiten – Vom Urknall zur Erde
19.30 bis 21.45 Uhr: »Denn was innen, das ist draußen.« Planetarium Hamburg und Astronomie 1930–2005–2080
22.30 bis 23.40 Uhr: Aero – Jean Michel Jarre

Samstag, 30.4.:
Eintritt 50 Cent!
14.00–14.45 Uhr: Planetenreise: Das Geheimnis der Papierrakete
15.00–15.50 Uhr: Sonne, Mond und Sterne für Kinder
16.00–16.50, 17.00–17.50, 18.00–18.50 und 19.00–19.50 Uhr: Faszination Weltall – Hubbles große Reise durch Raum und Zeit
20.15–21.25 Uhr: Aero – Jean Michel Jarre
22.00–23.10 Uhr: Deep Space Night Show Special – Mit Simon Böttcher

Richtigstellung: Leider hat im letzten Heft bei einigen Veranstaltungszeiten der Fehlerteufel zugeschlagen. Die korrekten Termine finden Sie unter www.planetarium-hamburg.de

ESO, FORS, VLT

Bewegte Zeiten

Die ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts waren astronomisch eine recht interessante Zeit – und ein guter Nährboden für Autoren populärer Werke.

>> Rudolf Kippenhahn

Gas und Sterne in der 155 Millionen Lichtjahre entfernten Spiralgalaxie ESO 269-57 – ein Objekt, von dem man früher nicht wusste, ob es sich um eine Gasansammlung oder ein Sternsystem handelte.

Vor einem Vortrag, den ich kürzlich in Heidelberg hielt, schenkte mir eine Zuhörerin ein Erbstück ihrer Mutter: den Klassiker »Aus fernen Welten« in der Auflage von 1920, der den Schriftsteller und Astronomen Bruno H. Bürgel (1875–1946) berühmt machte. Dieser war ein außergewöhnlicher Mensch. Seine allein erziehende Mutter starb früh, die Schuhmacherfamilie Bürgel adoptierte den Zweijährigen und zog ihn in einem Berliner Vorort groß. Nach acht Jahren Volksschule lernte er das Handwerk des Steindruckers. Schon früh bewegte ihn der Anblick des Nachthimmels und so bewarb er sich um eine Anstellung an der Urania-Sternwarte in Berlin. Er begann in diesem vor allem der Öffentlichkeitsarbeit verschriebenen Institut als Saaldiener, verfasste dann aber schon bald erste wissenschaftliche Zeitungsartikel. Im Jahr 1910 kam sein oben erwähntes Buch erstmals heraus – und wurde ein Bestseller! Der mir vorliegenden späteren Auflage gingen bereits 74000 verkaufte Exemplare voraus. Dieses und folgende Bücher des Autors wurden in neun Sprachen übersetzt. Auch seine später veröffentlichten Lebenserinnerungen »Vom Arbeiter zum Astronomen« wurden ein großer Erfolg.

Stürmische Zeit

Angeregt durch das Geschenk suchte ich in meiner Datenbank nach Hinweisen auf Bürgel und stieß auf einen Zeitschriftenartikel des Studienrats Arnold Zenkert, des früheren Leiters des Potsdamer Planetariums. Daraus erfuhr ich, dass Bürgel in Briefkontakt mit Kasimir Graff (1878–1950) stand, dem zeitweiligen Direktor der Wiener Sternwarte. Von Graff habe ich schon seit einem halben Jahrhundert den 1928 publizierten »Grundriss der Astrophysik« in meiner Bibliothek.

Die beiden Bücher erschienen in den Jahren 1920 und 1928 – also in einer, auch aus astronomischer Sicht, recht stürmischen Zeit. Während des Ersten Weltkriegs bestimmte der Amerikaner Harlow Shapley (1885–1972) die Größe unseres Milchstraßensystems. Schon der deutsche Philosoph Immanuel Kant (1724–1804) hatte vermutet, die elliptischen Nebelscheibchen, die oft Spiralformen zeigen und im Fernrohr zwischen den Sternen zu erkennen sind, seien andere Milchstraßensysteme weit draußen im leeren Raum.

Der Ringplanet Saturn, von einem seiner Monde aus gesehen – im Aquarell von Bruno H. Bürgel

INSTITUT FÜR ASTRONOMIE DER UNIVERSITÄT WIEN

E. BÖHM, STOLP, MIT FRDL. GEN. VON R. KIPPENHAHN

Astro-Literaten, die vieles voraussahen **Kasimir Graff (1878–1950, links) und Bruno H. Bürgel (1875–1946, rechts).**

Je nach dem Winkel, unter dem wir sie sehen, erscheinen sie uns einmal kreisrund, dann wieder von elliptischer Form. Dass es sich bei ihnen tatsächlich um ferne Galaxien handelte, bewies schließlich der amerikanische Astronom Edwin P. Hubble (1899–1953) im Jahr 1924. Fünf Jahre später entdeckte er, dass sich alle fernen Sternsysteme von uns wegbewegen, das Weltall also expandiert.

Das war die Gelegenheit zu prüfen, ob die Bücher von Bürgel und Graff aktuell waren und ob die damals neuesten Erkenntnisse der Astronomie also bereits ihren Niederschlag darin gefunden hatten.

Sterninseln oder Gasfladen

Als Bürgel die mir vorliegende Auflage seines Buchs auf den neuesten Stand brachte, wusste er bereits von Shapleys Arbeiten, aus dem Jahr vorher. Während aber Shapley von der Einmaligkeit des Milchstraßensystems überzeugt war und den Raum außerhalb für leer hielt, machte sich Bürgel Kants Vorstellungen zu Eigen. Für ihn waren die Spiralnebel weit draußen im Raum stehende Sternsysteme. Zu dieser Vorstellung hatten sich damals viele, aber nicht alle Gelehrte durchringen können. Andere hielten die Spiralnebel für Gasschwaden innerhalb unserer Milchstraße. Bürgel hat dafür das schöne Wort »Gasfladen« geprägt.

Erst später gelang es Hubble nachzuweisen, dass der Andromedanebel ein Sternsystem ist, ähnlich unserem Milchstraßensystem. Aber das passierte erst vier Jahre, nachdem meine Auflage von Bürgels Buch herauskam.

Bruno H. Bürgel war kein nüchterner Autor, er konnte für naturwissenschaftliche Sachverhalte schwärmen. Und er gibt den Schauder, der ihn erfasst, an den Leser weiter: »Uns wird bange vor unserer eigenen Kleinheit in diesem unermesslichen Getriebe, und es will uns scheinen, als glichen wir der Ameise, die einen neugierigen Blick ins Innere eines Elektrizitätswerkes geworfen und nichts sah als allerlei Blinke-Blankes, das auf und nieder schnurrt und ewig unverständlich bleiben muss.« Bei seiner Begeisterung für die Weltinseltheorie unterläuft ihm allerdings ein Lapsus. Er hält den Ringnebel in der Leier, von dem wir wissen, dass dort ein sterbender Stern Gasmassen in den Raum bläst, für eine Galaxie. In späteren Auflagen hat er das korrigiert.

Kasimir Graff schrieb sein Buch acht Jahre später. Er war eher der Typ nüchterner Astronom, der Fakten vermittelt und auch seitenlange Tabellen nicht scheut. Und so lässt er den Leser seines Buchs im Unklaren darüber, welche astronomischen Fakten ihn begeistern und welche er nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Noch drei Jahre nachdem Hubble die Entfernung des Andromedanebels bestimmt und damit die Weltinselhypothese bewiesen hatte, formulierte er recht vorsichtig, man könne sich lediglich beim Andromedanebel und bei M 33 im Sternbild Dreieck sicher sein, dass sie entfernte Sternsysteme sind. An anderer Stelle schreibt er: »Wie die Dinge auch im Einzelnen liegen mögen, sie ändern nichts an der Erkenntnis, dass das Weltall an den Grenzen unseres Sternsystems keinen Abschluss findet, sondern gewissermaßen hier erst beginnt. Von diesem Standpunkt aus erscheinen selbst die ungewöhnlich großen, in unsere Fixsternwelt gar nicht passenden Radialgeschwindigkeiten der Spiralnebel nicht mehr so rätselhaft wie bisher.« Das schrieb er ein Jahr, bevor Edwin Hubble anhand dieser Geschwindigkeiten die Expansion des Weltalls entdeckte.

Bürgels Buch ist eine Erzählung von den Wundern des Weltalls, während Graff ein vorbildliches Sachbuch geschrieben hat. Wie vielgestaltig doch populärwissenschaftliche Literatur sein kann. Schade nur, dass unsere stets medienpräsenten Literaturkritiker es für unter ihrer Würde halten, an diese Literaturgattung auch nur einen Gedanken zu verschwenden. <<

AUS: BRUNO H. BÜRGEL, AUS FERNEN WELTEN, 1920

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seither lebt er als Schriftsteller in Göttingen.

Für jeden Geschmack etwas

Berlin ist nicht nur die Stadt mit den meisten Einwohnern Deutschlands, sondern auch die Heimat von sechs verschiedenen astronomischen Vereinen und Volkssternwarten.

>> Michael Vogel

Rekordhalter Der imposante Große Refraktor ist das längste bewegliche Linsenfernrohr der Welt.

EVA HAEBERLE / ZEITWISSEN

Wer sich mit der Astronomie in Berlin befasst, kommt um den Namen Wilhelm Foerster nicht herum. Ihm verdankt die heute mitgliederstärkste Volkssternwarte Deutschlands, die Wilhelm-Foerster-Sternwarte, ihren Namen. Und als Direktor der damaligen Berliner Sternwarte, an welcher der Planet Neptun entdeckt wurde, hat der Berufsastronom Foerster im 19. Jahrhundert maßgeblich den Volkssternwarten-Gedanken in der deutschen Hauptstadt vorangetrieben. Auch Friedrich Simon Archenhold, der spätere Gründer der Archenhold-Sternwarte, besuchte als Student Foersters Vorträge.

Eine Sternwarte für den Westen

Da die 1896 gegründete Archenhold-Sternwarte im Ostteil Berlins liegt, gab es durch die Teilung der Stadt nach dem Zweiten Weltkrieg in Westberlin plötzlich keine Volkssternwarte mehr. Dass heute die Wilhelm-Foerster-Sternwarte im Westteil der Stadt existiert, ist eine direkte Folge davon. Der 1947 gegründete Verein zählt 1800 Mitglieder und beschäftigt sechs hauptamtliche Mitarbeiter, vor allem für fachliche und technische Arbeiten.

Wer der Institution beitritt und von den »Eingeweihten« eine entsprechende Einweisung bekommen hat, kann unter anderem mit Refraktoren zwischen sieben und zwölf Zoll Öffnung beobachten, sogar mit einem lichtstarken 75-Zentimeter-Ritchey-Chrétien-Spiegelteleskop. Der Vorgänger, ein altes 75-Zentimeter-Fernrohr, das noch einen sonst sehr seltenen Metallspiegel besitzt, steht inzwischen in der Schul- und Volkssternwarte Dahlewitz am Südrand Berlins.

CDS DESIGN BERLIN, BERNHARD STEUBER

Das Planetarium am Insulaner gehört zur W.-Foerster-Sternwarte.

Auch in der Archenhold-Sternwarte arbeitet hauptamtliches Personal: insgesamt 22 Angestellte, von denen rund die Hälfte beim zugehörigen Großplanetarium beschäftigt ist. Die Amateurastronomen der Einrichtung sind nicht als Verein organisiert, sondern als Arbeitsgemeinschaft. »Wir beschäftigen uns mit streifenden Sternbedeckungen«, erläutert Nikolai Wünsche, der Mitglied in der Arbeitsgemeinschaft ist. Der Tradition der schulischen Astronomie in der ehemaligen DDR folgend, gibt es an der Einrichtung nach wie vor Schüler-AGs.

Ehemalige Amateurastronomen der Archenhold-Sternwarte gründeten in den 1990er Jahren die Berliner Sternfreunde e.V. Sie zählen heute 35 Mitglieder und bauen an einer Beobachtungsstation, die in Neu-Golm auf dem Gelände einer ehemaligen Intersputnik-Station entsteht (Intersputnik ist ein internationaler Zusammenschluss von Satellitenbetreibern). »Wir wollen dort kein Vereinsteleskop errichten, sondern nur die notwendige Infrastruktur für die Beobachtung bereithalten, denn unser Ziel ist die Popularisierung und Förderung der Amateurastronomie«, erklärt Rainer Berger, der Vorsitzende der Berliner Sternfreunde. Die meisten Mitglieder besäßen eigene Instrumente, sagt er.

Auch die Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte in Berlin-Spandau profitierte bei ihren Räumlichkeiten von den früheren politischen Verhältnissen. Am Fuß eines Hügels, auf dem eine Kuppel mit vier Meter Durchmesser steht, nutzen die Amateurastronomen Räume der ehemaligen Grenzkontrollstelle Heerstraße. Rund achtzig Mitglieder zählt der 1982 gegründete Verein, der im Frühjahr ein weit gehend selbst gebautes Cassegrain-Teleskop mit 61 Zentimeter Öffnung offiziell einweihen will. »Wer hier am Rande von Berlin wohnt, verspürt wenig Lust, zur Beobachtung in die Innenstadt an eine der Sternwarten zu fahren, weil dort der Nachthimmel stark aufgehellt ist«, beschreibt der Vorsitzende Günter Mekas die Vorzüge des Standorts.

Harry-Potter-Fans stehen auf Sterne

Auf Kinder und Jugendliche haben sich die »Sternfreunde im Freizeit- und Erholungszentrum (SiFEZ)« Wuhlheide spezialisiert. Das FEZ ist der ehemalige Pionierpalast der damaligen DDR und vereint noch immer viele Aktivitäten für Kinder und deren Familien unter seinem Dach, darunter auch solche zur Astronomie. Zum astronomischen Verein gehören rund zwanzig Mitglieder. »Obwohl die Spanne von 13 bis 67 Jahren reicht, sind wir insgesamt eine recht junge Truppe«, sagt der Vorsitzende Steffen Janke. Für ihr Hobby stehen den Mitgliedern mehrere mobile Fernrohre zur Verfügung. Regelmäßig führen sie auch öffentliche Veranstaltungen durch. Der Renner sind dabei die »Harry-Potter-Ferien« für Kinder und Jugendliche. Bei dieser rund einwöchigen Veranstaltung in Kooperation mit dem FEZ dreht sich alles um den Zauberschüler aus der Kinder- und Jugendbuchserie. »Es überrascht vielleicht«, sagt Janke, »aber Harry-Potter-Leser sind astronomiebegeistert.« <<

Michael Vogel ist freier Wissenschaftsjournalist.

Sehenswertes

Großer Refraktor: Das längste bewegliche Linsenfernrohr der Erde ist 21 Meter lang. Bei einem Objektivdurchmesser von 68 Zentimetern bringt es das Gerät der Archenhold-Sternwarte auf ein Gesamtgewicht von 130 Tonnen. Das 1896 erbaute Gerät steht seit 1986 unter Denkmalschutz (www.astw.de).

Potsdamer Doppelrefraktor: Im Jahr 1899 nahm das Astrophysikalische Observatorium Potsdam einen Doppelrefraktor in Betrieb. Er besteht aus einem Rohr mit fotografisch optimiertem 80-Zentimeter-Objektiv und 12,20 Meter Brennweite sowie aus einem für die visuelle Beobachtung konzipiertem Linsenfernrohr mit 50 Zentimeter Öffnung und 12,50 Meter Brennweite. Da das Gerät derzeit restauriert wird, kann es erst ab Mai wieder besichtigt werden. Der Potsdamer Standort bietet aber zahlreiche weitere Sehenswürdigkeiten – von der Sternwarte Babelsberg bis zum Einsteinturm (www.aip.de, www.galerie-universum.de/webseiten/grefraktor.htm).

Veranstaltungen

Exkursionen: Die Berliner Firma »TeleskopManufaktur« unternimmt an klaren Samstagabenden Beobachtungsexkursionen nach Königs Wusterhausen (dreißig Kilometer südlich von Berlin) oder Schöbendorf (sechzig Kilometer südlich von Berlin). Im Durchschnitt nehmen zehn Personen teil; Interessenten sind jederzeit willkommen (www.teleskopmanufaktur.de).

Die Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte veranstaltet zu Neumond an klaren Wochenenden Beobachtungsexkursionen nach Ribbeck (35 Kilometer westlich von Spandau), bei denen auch Nichtmitglieder willkommen sind (www.sternwarte-berlin.de.tf).

Berlin-Brandenburger Teleskoptage (BBTT): Diese Veranstaltung der Berliner Sternfreunde bietet Vorträge, eine Teleskopausstellung sowie Gebrauchsartikel und die Gelegenheit zu Beobachtungen. Das nächste Mal finden die Berlin-Brandenburger Teleskoptage 2006 statt (www.berlin-brandenburger-teleskoptage.de).

AH, FRANK SCHUBERT

Geballtes Wissen

Zu Besuch auf dem größten Physikkongress Europas

Über 7000 Teilnehmer trafen sich auf Europas größtem Physikkongress in Berlin. Fast genauso viele Vorträge waren angemeldet: mehr als 6000.

>> Frank Schubert

Es war eine Veranstaltung der Superlative. Zwischen dem 4. und 9. März trafen sich in der Bundeshauptstadt mehr als 7000 Wissenschaftler, um über Physik zu reden. Den Anlass dafür bot die Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) – der bei Weitem größte Physikkongress Europas in diesem Jahr. Auch Astronomen waren hier an der richtigen Adresse, schließlich wurden unter anderem Raumfahrt- und Kosmologiethemen besprochen.

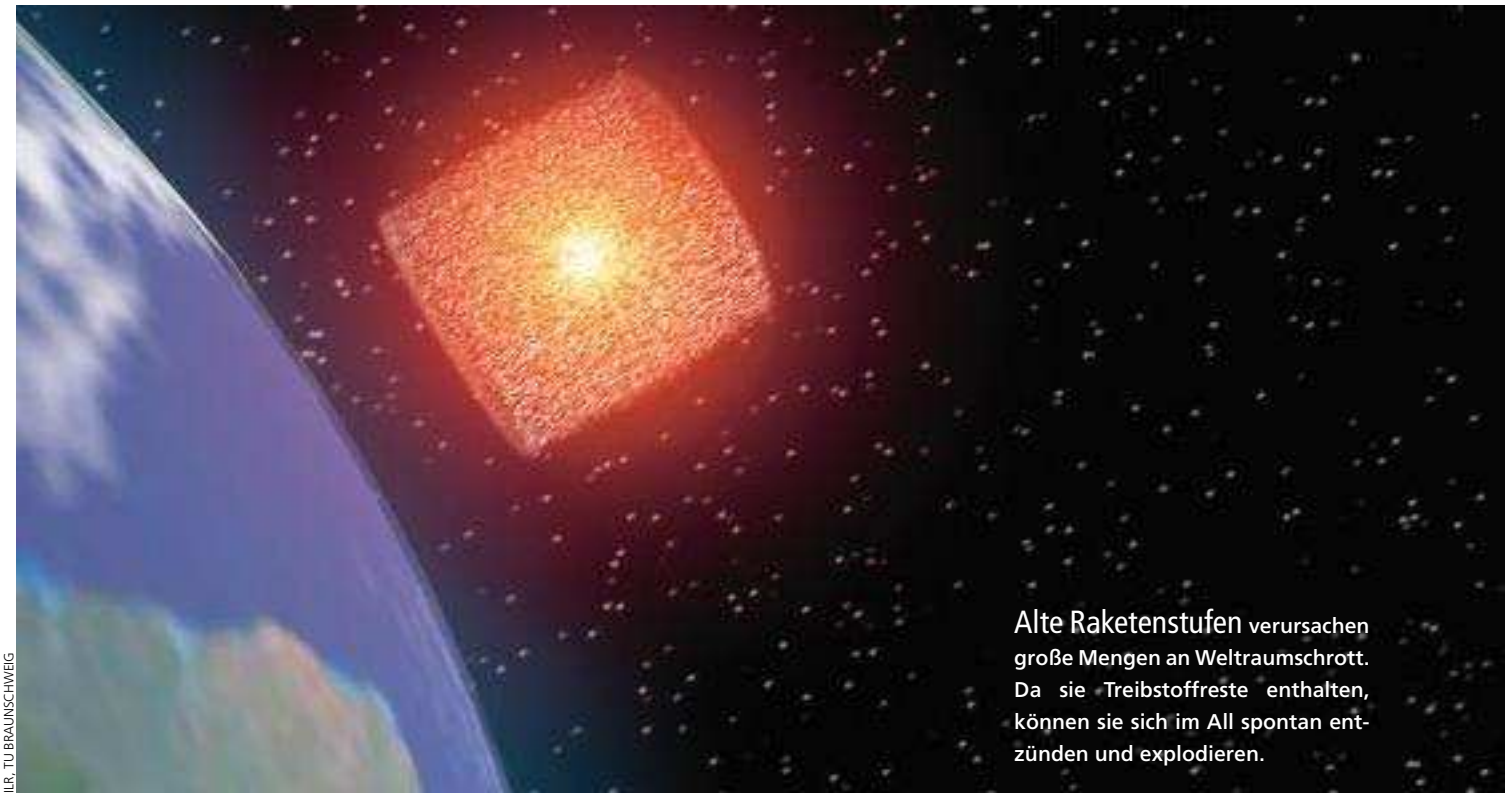
Dass das Treffen derart pompös ausfiel, hatte gute Gründe. 2005 ist nämlich ein besonderes Jahr: 1905 – vor genau einem Jahrhundert – veröffentlichte Albert Einstein vier bahnbrechende Arbeiten, mit denen er das Weltbild der Physik revolutionierte und seinen wissenschaftlichen Durchbruch erzielte. Die erste Arbeit handelte von den so genannten fotoelektrischen Effekt und brachte Einstein den Nobelpreis ein. Die zweite befasste sich mit der Größenbestimmung von Atomen. Die dritte enthielt eine fundierte Beschreibung der »Brown'schen Molekularbewegung« – jener Zitterbewegung, die kleine Partikel in Flüssigkeiten vollführen. Die vierte Arbeit schließlich beschrieb Einstein als »eine Elektrodynamik bewegter Körper unter Benützung einer Modifikation der Lehre von Raum und Zeit« – sie war der Grundstein dessen, was wir heute als Spezielle Relativitätstheorie bezeichnen.

Von Quanten bis Galaxien

Um das Erfolgsjahr 1905 zu feiern, stellte die DPG ihren Jahreskongress unter das Motto »Physik seit Einstein.« Über 6000 Fachbeiträge waren zu hören, davon etwa hundert von allgemein-öffentlichem Interesse. Sie behandelten nicht nur die aktuelle Forschung, sondern setzten sich auch mit dem Gesamtbild der modernen Physik auseinander. Es ging zum Beispiel um so wesentliche Fragen wie: Gibt es heute überhaupt noch eine einheitliche Physik? Welche gesellschaftliche Verantwortung trägt sie? Quantenphysik, Nanotechnologie, Biophysik, Kosmologie, Klimaforschung, Messung von ultraschnellen Vorgängen oder Supercomputer der Zukunft – es war eine erstaunlich breite Themenpalette, die die DPG-Tagung ihrem Publikum bot.

Am zweiten Konferenztag sprachen Michael Oswald und Carsten Wiedemann, beide vom Institut für Luft- und Raumfahrtsysteme an der TU Braunschweig, zum Thema Weltraummüll. »Etwa 330 Millionen Objekte mit einem Durchmesser von über einem Millimeter kreisen um die Erde«, erklärte Oswald dem erstaunten Publikum. Bei diesen Objekten handelt es sich überwiegend um technischen Schrott. Der kommt auf verschiedene Weise ins All: bei neuen Raketenstarts, durch Explosionen von umherschwirrenden alten Raketen-Oberstufen mit Treibstoffresten, durch Triebwerkszündungen von Satelliten oder durch Farbpartikel, die sich von Raumschiffen lösen.

Eine besonders delikate Quelle des Weltraumschrotts beschrieb Wiedemann:



ILR, TU BRAUNSCHWEIG

Alte Raketenstufen verursachen große Mengen an Weltraumschrott. Da sie Treibstoffreste enthalten, können sie sich im All spontan entzünden und explodieren.

Die Sowjets brachten in den 1970er und 1980er Jahren Militärsatelliten vom Typ »Rorsat« ins All, die mit Atomreaktoren ausgestattet waren und vor ihrem Wiedereintritt in die Atmosphäre den Reaktorkern ausstießen.

Dieser bewegte sich fortan in einer Umlaufbahn um die Erde und setzte jede Menge Müll frei – nämlich in Gestalt des austretenden Kühlmittels, einer Mischung aus metallischem Natrium und Kalium. Im Weltall bildeten sich daraus Tropfen mit einer Größe zwischen 0,5 und 58 Millimetern, die zum Teil noch heute um die Erde kreisen. Schätzungsweise 66 000 von ihnen befinden sich dort oben.

Gefährlicher Abfall

»Das Risiko für die Raumfahrt infolge des Weltraummülls kann man heute nicht mehr vernachlässigen«, so Oswald. Ein Satellit mit drei Tonnen Masse, der sich in einer Höhe von etwa 900 Kilometern über der Erdoberfläche bewegt, wird im Verlauf von sieben Jahren mit dreiprozentiger Wahrscheinlichkeit von Schrottteilen zerstört. Kein Wunder – schon der Einschlag eines einen Zentimeter großen Partikels setzt die Energie einer Handgranaten-Explosion frei, denn die Partikel haben Geschwindigkeiten von etwa zehn Kilometer pro Sekunde. Eine Lösung ist nicht in Sicht, denn abgesehen von den ganz großen Brocken gibt es keine Möglichkeit, den Weltraummüll zu entsorgen.

An den Konferenzabenden gab es Hauptvorträge, die sich an ein breiteres Publikum richteten und dementsprechend gut besucht waren. So auch am zweiten Veranstaltungstag, als hunderte Zuhörer das Audimax der TU füllten. Catherine Cesarsky von der Europäischen Südsternwarte (Eso) äußerte sich zum aktuellen Stand der Weltraumforschung. »Ich möchte Ihnen heute zeigen, dass wir uns in einem goldenen Zeitalter der Astronomie befinden«, begann sie ihr Referat. In der folgenden Stunde stellte sie die wichtigsten Forschungsrichtungen auf diesem Gebiet und deren aktuellen Kenntnisstand dar.

So zählte Cesarsky die Fortschritte auf, die es in den letzten Jahren bei der Untersuchung von Sternentstehungsprozessen gegeben hat. Vor allem die Kontraktion der prästellaren Gaswolken würde – so Cesarsky – von den Astrophysikern immer besser verstanden. Ein Gebiet, in dem sich der Wissenszuwachs der Astronomie besonders deutlich zeige, sei die Erforschung von Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. »Wir kennen mittlerweile schon über 140 Exoplaneten«, resümierte sie. Nachdrücklich wies sie auf die jüngst entdeckte »Super-Erde« hin: einen Planeten mit nur 14 Erdmassen, der in 50 Lichtjahren Entfernung den Stern Mu Arae umkreist. Vielleicht, so deutete Cesarsky an, gelänge es den Astronomen schon bald, in den Tiefen des Alls einen Bruder unseres Heimatplaneten zu finden.

Definitiv ein Schwarzes Loch

Ihr weiterer Vortrag handelte von aktuellen Forschungen zu Schwarzen Löchern und zu den sie umgebenden Akkretionsscheiben (siehe auch AH 4/2005, S. 24). Als sie auf Sagittarius A zu sprechen kam, dem Schwarzen Loch im Zentrum der Milchstraße, gab es einen amüsanten Technikpatzer. Cesarsky wollte die Existenz des Schwarzen Lochs mit einer Animation belegen, doch die Bilder kamen nicht an, die Leinwand blieb finster. Daneben stand in großen Lettern: »Definitively a black hole.« Cesarsky beendete ihr Referat mit einem optimistischen Ausblick: »Das Wissen in der Astronomie wächst derzeit exponentiell an und das wird ganz sicher auch so weitergehen.«

Ein anderer Hauptvortrag befasste sich mit dem Thema »Was auch Einstein sicher gern gesehen hätte: Visualisierung relativistischer Effekte«. Es ging um Folgendes: Was sehe ich, wenn ich bei knapp >

U. TÜBINGEN, MARC BORCHERS

Tunnelblick **Wer mit 95 Prozent Lichtgeschwindigkeit durch Tübingen radelt, dem bieten sich wunderliche Ansichten.**

> einer Milliarde Kilometer pro Stunde durch die Windschutzscheibe schaue? Wie sieht also die Welt aus der Sicht eines Reisenden aus, der sich nahezu mit Lichtgeschwindigkeit bewegt?

Dass dieser Beitrag viele Hörer anziehen würde, damit war zu rechnen – aber einen derart gewaltigen Besucherstrom hatte wohl niemand erwartet. Kurz vor Beginn der Lesung war das Audimax der Humboldt-Universität berstend voll und vor den Türen warteten noch riesige Menschentrauben auf Einlass. »Das macht ja richtig Spaß«, freute sich Hanns Ruder von der Uni Tübingen, der Referent des Abends.

Was machen wir eigentlich hier?

Von Anfang an war Ruder die volle Aufmerksamkeit des Publikums sicher. »Was machen wir eigentlich?«, erklärte er den Hörern zunächst, woran seine Forschergruppe arbeitet. Ruders Team programmiert Computer mit der Lorentz-Transformation – dem mathematischen Übergang von ruhenden in bewegte Systeme. Beherrscht der Computer diese Transformation, dann kann man mit seiner Hilfe die Effekte berechnen, die aus der Speziellen Relativitätstheorie folgen – also die Verkürzung schnell bewegter Körper in Bewegungsrichtung (relativistische Längenkontraktion) und die Verlangsamung des Zeittakts schnell bewegter Uhren (relativistische Zeitdilatation). »Schnell« heißt hier: vergleichbar mit der Lichtgeschwindigkeit.

Damit geben sich Ruder und seine Kollegen aber nicht zufrieden. Sie wollen nicht nur wissen, was relativistisch tatsächlich passiert, sondern vor allem, wie ein fast lichtschneller Körper aus der Sicht eines ruhenden Betrachters aussieht. Und was da herauskommt, ist ziemlich verblüffend. Rast zum Beispiel ein Spielwürfel nahezu mit Lichtgeschwindigkeit an einem Beobachter vorbei, dann erscheint er diesem als etwa 90 Grad zur Seite gedreht. Mit anderen Worten: Der Betrachter sieht einen Teil der Rückseite des Würfels – obwohl sich dieser auf ihn zu bewegt!

Ähnlich wäre die Situation bei einem Astronauten, der beinahe lichtschnell an der Erde vorbeifliegt. Dem Raumfahrer böte sich die Erdkugel – analog zum Spielwürfel – um etwa 90 Grad verdreht dar. Wiese die Spitze seines Raumschiffs in Richtung Europa, so würde er durch die Frontscheibe beispielsweise den Atlantik vor sich erblicken! »Anders als man es zunächst erwarten würde«, erklärte Ruder, »sieht der ruhende Beobachter die relativistische Verkürzung vorbeisausender Körper nicht. Das hat optische Gründe. Stattdessen erscheinen sie ihm aus einer seitlichen Perspektive.«

Aufrechte, gerade Stäbe, die ungefähr mit Lichtgeschwindigkeit auf einen Betrachter zu rasen, erscheinen ihm verbogen, wobei die Stabenden von ihm weg weisen. Entfernen sich die Stäbe vom Beobachter, so sieht er sie ebenfalls gekrümmt – doch diesmal zeigen die Stabenden zu ihm hin. Was das für merkwürdige Folgen hat, demonstrierte Ruder an einer virtuellen Fahrradtour durch Tübingen. Bei 95 Prozent Lichtgeschwindigkeit tritt eine Art Tunneleffekt ein: Die Straßenzüge werden absonderlich verzerrt und präsentieren sich dem flinken Radler als kreisrunde Röhre, durch die er hindurchsaust. »Hinzu kommen noch weitere Phänomene – zum Beispiel Doppler-Effekte des Lichts, die dazu führen, dass Objekte direkt vor dem Radfahrer blau verfärbt erscheinen«, ergänzte Ruder.

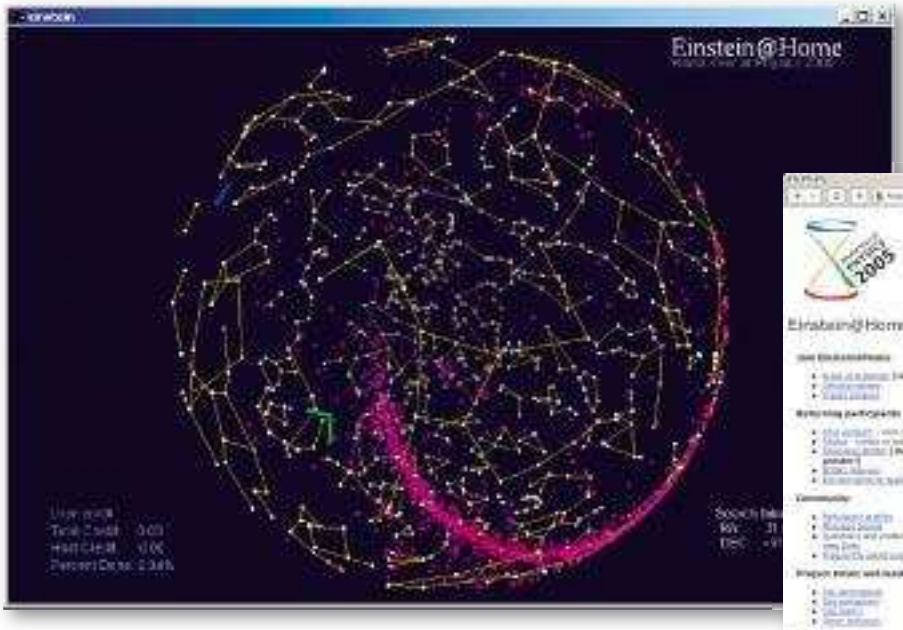
Anschließend präsentierte er dem staunenden Publikum eine wilde Fahrt unter dem Eiffelturm hindurch. Bei 99,99999 Prozent Lichtgeschwindigkeit ist das Bauwerk kaum noch erkennbar: Die Spitze des Turms erscheint auf groteske Weise in Richtung Erdboden verbogen und die zahlreichen Stahlverstrebungen formieren sich zu seltsamen Figuren, die an fraktale Muster erinnern.

Die Öffentlichkeit ansprechen

»Gestatten wir uns ruhig einmal, uns eine Welt vorzustellen, in der technisch alles möglich ist und nur noch die Physik die Grenzen vorgibt«, sagte Ruder, der seinen Vortag mit amüsanten Filmausschnitten aus dem Filmserie »Star Trek« abrundete. Als er seine Lesung beendete, brandete donnernder Applaus auf. Das Publikum war sichtlich begeistert. Die aufgeregten Fragen in der anschließenden Diskussion zeigten, dass auch viele Nichtphysiker gekommen waren.

Der DPG-Kongress 2005 bot seinem Publikum ein überaus reiches Inhaltsspektrum von Biophysik bis Kosmologie, von Klimaforschung bis Hightech. Mit dem Anspruch, die »Physik seit Einstein« darzustellen, hatte er seinen Teilnehmern nicht zu viel versprochen. Zusätzlich interessant wurde er dadurch, dass er sich nicht nur an Wissenschaftler, sondern auch an die breite Öffentlichkeit richtete. Spätestens Hanns Ruders Vortrag stellte klar: Es ist ihm gelungen. <<

Frank Schubert begeistert sich für relativistische Effekte – aber den Eiffelturm besichtigt er dann doch lieber mit Schrittgeschwindigkeit.



Wie bei einem digitalen Planetarium wird der Sternhimmel projiziert (links). Die Homepage des Projekts liegt bei der UWM (unten).

Einstein@home

Per »distributed computing« ist jetzt auch die Suche nach Gravitationswellen möglich. **>> Oliver Dreissigacker**

Seti@home ist mittlerweile zum Inbegriff des »distributed computing« geworden – der auf viele Computer verteilten Datenauswertung, mit deren Hilfe jeder, der einen Rechner und Internetzugang besitzt, an großen Forschungsprojekten teilhaben kann (AH 9/2004, S. 73). Seitdem es »Boinc« als gemeinsame Internetplattform für Distributed-Computing-Projekte gibt, hat deren Vielfalt deutlich zugenommen.

Für Astronomiefans sicherlich höchst interessant ist Einstein@home, das pünktlich zum 50. Todestag des genialen Physikers erschien. Dessen Allgemeine Relativitätstheorie sagt die Existenz von Gravitationswellen vorher – Schwingungen der Raumzeit, die sich von rotierenden Massen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Diese Wellen kann man nur außerordentlich schwer nachweisen und auch nur indirekt: über die Energie nämlich, die durch sie weggetragen wird.

Unsichtbare Strahlung

Als Quelle messbarer Gravitationswellen kommen am ehesten sich umkreisende Neutronensterne beziehungsweise Pulsare in Frage. Forscher wollen nun tatsächlich versuchen, die auf der Erde ankommenden Wellen zu messen. Das Einstein@home-Projekt verwendet dazu Daten aus den beiden Ligo-Messanlagen in den USA und der Geo-600-Anlage in der Nähe von Hannover.

Diese Anlagen sind aufgebaut wie ein Michelson-Morley-Interferometer und enthalten zwei im rechten Winkel angeordnete Lichtlaufstrecken, die am Empfänger zusammentreffen. Trifft eine Gravitationswelle aus einer bestimmten Richtung auf die Anordnung, dann ändert sich die Länge der beiden Lichtlaufstrecken in geringfügig unterschiedlicher Weise. Dies wird gemessen (mehr zu diesem Thema erfahren Sie in einer der nächsten AH-Ausgaben).

Die Datenauswertung ist komplex, da eine ganze Reihe von astronomischen Objekten als Quelle in Betracht kommen, darunter Doppelpulsare, aber auch Supernovareste, die im Zentrum einen Neutronenstern beherbergen. Entsprechend umfangreich sind die Datenpakete, die Sie mit Ihrem Rechner bearbeiten müssen: zwölf Megabyte nämlich. Für den Download brauchen Sie eine schnelle Internetanbindung; ISDN ist das Minimum. Was die Darstellung der Datenverarbeitung angeht: Ein Bildschirmschoner wird zurzeit leider nur für Windows angeboten.

Es bewegt sich was

Dieser zeigt einen Sternhimmel, auf dem die potenziellen Quellen für Gravitationswellen eingezeichnet werden: Pulsare in Purpur, Supernova-Überreste in Dunkelrot. Beide sind entlang der Milchstraßenebene sowie in den Magellanschen Wolken angeordnet. Daneben sehen Sie, welcher Himmelsausschnitt jeweils über den Messanlagen steht. Ein Fadenkreuz markiert, aus welchem Bereich die Daten kommen, die gerade verarbeitet werden.

Fazit: Für Freunde des »distributed computing«, die etwas anderes machen wollen, als mit Seti nach Aliens zu suchen, ist Einstein@home wie geschaffen. <<

Oliver Dreissigacker ist Redakteur von ASTRONOMIE HEUTE und von Anfang an beim distributed computing dabei.

Weblinks

http://einstein.phys.uwm.edu • www.geo600.uni-hannover.de • www.boincsynergy.com/einstein/starsphere-de.html • www.boinc.de/einstein.htm

Mond und Planeten als Motiv

Lesen Sie hier, wie Ihnen mit einfachen Mitteln tolle Astrofotos gelingen.

>> Alan Dyer

Das Fotografieren von Himmelsobjekten durch ein Fernrohr hindurch ist heute so einfach wie nie zuvor. Die modernen elektronischen Aufnahmeverfahren haben die Astrofotografie enorm erleichtert. Wenn Sie ein Teleskop besitzen – und sei es auch einfacher Bauart –, gelingen Ihnen schon nach kurzer Übungszeit umwerfend schöne Nahaufnahmen des Monds. Mit etwas mehr Erfahrung können Sie sich danach sogar an die Planeten heranwagen.

Das Geheimnis erfolgreicher Astroaufnahmen liegt in der Verwendung einer Digitalkamera. Mit ihr gelingen gute Resultate buchstäblich auf Knopfdruck.

HARVARD COLLEGE OBS.

Im Jahr 1852 bedurfte es eines 38-Zentimeter-Linsenteleskops, um diese »Daguerreotypie« des Monds anzufertigen. Heute kann man mit einer billigen Versandhaus-Ausrüstung wesentlich bessere Fotos erzielen.

Dabei brauchen Sie keineswegs das aktuelle Topmodell eines Markenherstellers – selbst eine bescheidene Schnappschusskamera eignet sich. Natürlich können Sie auch weiterhin eine Kleinbildkamera mit herkömmlichem Film benutzen (ich selbst verwendete jahrelang eine), aber Digitalkameras haben sich aus gutem Grund durchgesetzt.

Schnell kontrolliert

Der Wechsel zur Digitaltechnik ermöglicht Ihnen, Ihre Fehler sofort zu erkennen und durch Änderung der Einstellungen unmittelbar zu korrigieren. Sie müssen nicht erst darauf warten, bis der Film entwickelt ist und Abzüge vorliegen. Wenn Ihnen eine Aufnahme nicht gefällt, drücken Sie einfach den Löschknopf und versuchen es anschließend noch mal. Und sollte Ihnen ein Foto besonders gut gelingen, können Sie es in Ihrem Computer durch Bildbearbeitung weiter verbessern, ausdrucken und einrahmen, Ihren Freunden per E-Mail schicken oder auf Ihrer Homepage veröffentlichen, damit jeder es sehen und genießen kann.

Um formatfüllende Aufnahmen des Monds zu bekommen, richten Sie Ihre Digitalkamera einfach auf das Okular des Teleskops. Stellen Sie vorher das Bild im Okular scharf, so wie Sie es auch beim Beobachten mit dem Auge tun. Die gleiche Technik ist für Aufnahmen der Sonne anwendbar – doch dabei müssen Sie sicherstellen, dass ein passender, sicherer Sonnenfilter vor der Eingangsöffnung des Teleskops sitzt. Versuchen Sie niemals, Sonnenfotos mit Filtern zu gewinnen, die sich nicht für die sichere visuelle Beobachtung eignen.

Bemerkenswert ist, dass Sie den Mond und die Sonne praktisch mit jedem Teleskop fotografieren können, selbst wenn dieses nicht über einen Motorantrieb verfügt. Ein kleines Linsen- oder Spiegelteleskop mit einfacher Montierung reicht aus. Freilich wandert das Bild, bedingt durch die scheinbare Drehung des Himmels, im Sucher; die Belichtungszeiten bei Mond- und Sonnenaufnahmen sind jedoch so kurz, dass sich diese Bewegung nicht als Unschärfe bemerkbar macht. Wichtig ist nur, dass Sie nicht zu stark vergrößern und die komplette Mond- oder Sonnenscheibe im Bild unterbringen – oder zumindest große Teile davon.

Die Verwendung einer Kamera mit eigenem Objektiv hinter einem Okular bezeichnet man als afokale Fotografie. In der Tat ist dies der einzige Weg, um mit einer Kompaktkamera ohne Wechselobjektiv durch ein Fernrohr zu fotografieren. Für Testaufnahmen oder um einen Schnappschuss durch ein fremdes Teleskop zu erhaschen, reicht es, wenn Sie die Kamera mit den Händen hinter das Okular halten und abdrücken. Für wirklich gute Ergebnisse jedoch ist diese Methode zu ungenau und fehleranfällig.

Für optimale Ergebnisse bei der afokalen Fotografie empfehle ich, die Kame-

ALAN DYER

Der Mond eignet sich vorzüglich für die Teleskopfotografie. Hier seine Nordhälfte, aufgenommen mit einer Fünf-Megapixel-Kamera durch einen 13-Zentimeter-Refraktor

ra in der richtigen Position zum Okular zu fixieren. Dazu müssen Sie den Apparat genau mittig hinter dem Okular anordnen, ohne ihn dabei zu verschieben oder zu kippen. Wenn Ihre Digitalkamera ein Filtergewinde am Objektiv hat, können Sie einen Adapterring kaufen, mit dessen Hilfe Sie die Kamera direkt ans Okular anschließen können. Dieser Ring muss jedoch speziell auf Ihre Ausrüstung passen – lassen Sie sich daher gut beraten!

Alternativ können Sie eine Kamerahalterung einsetzen, die mit einer Schelle am Okular befestigt und auf deren Stativschraube die Kamera angebracht wird. Eine große Auswahl solcher Adapterlösungen bietet zum Beispiel die Firma Baader-Planetarium an (www.baader-planetarium.de). Dort finden Sie Kamerahalterungen und -adapter für eine Vielzahl von Foto- und Videokameras.

Um Porträts von Mond und Sonne aufzunehmen, verwenden Sie am besten ein Okular mit geringer Vergrößerung und einer Brennweite von 25 bis 40 Millimetern. Nähern Sie sich mit dem Kameraobjektiv dem Okular so weit wie möglich und experimentieren Sie mit dem Kamerazoom. Möglicherweise sehen Sie, sobald Sie das Objektiv in Weitwinkelstellung bringen, nur einen ausgeleuchteten Kreis in der Mitte des Bildes.

Formatfüllender Mond

Um einen solchen Tunnelblick, der auch als Vignettierung bezeichnet wird, zu vermeiden, zoomen Sie so lange in Richtung »Tele«, bis der Mond oder die Sonne formatfüllend in das Bild passt.

Selbst wenn Sie die Aufnahmeempfindlichkeit auf einen niedrigen Wert, zum Beispiel Iso 100, einstellen, betragen die Belichtungszeiten in typischen Fällen zwischen 1/4 Sekunde für die schmale Mondsichel und 1/500 Sekunde für den Vollmond oder die gefilterte Sonne. Die Belichtungsautomatik Ihrer Kamera wird dabei möglicherweise genau die richtige Einstellung vornehmen. Schalten Sie aber unbedingt den Blitz ab! Sollte Ihre Kamera automatische Belichtungsreihen aufnehmen können (schauen Sie hierzu in der Anleitung nach), so nutzen Sie dies. Mit Hilfe automatischer Belichtungsreihen erhalten Sie nämlich auf einfache Weise hellere und dunklere Bilder, ohne in einen manuellen Modus wechseln zu müssen.

Die afokale Aufnahmetechnik können Sie auch bei der Fotografie von Planeten einsetzen. Verglichen mit Mond und Sonne sind diese jedoch klein und dunkel, ihre Fotografie erfordert also stärkere Vergrößerungen und lange Belichtungszeiten bis hin zu einer Sekunde. Wäh- >

LINKS: ALAN DYER, RECHTS: NIGHT SKY, C. M. UTTER

Voller Durchblick Wenn sich das Objektiv Ihrer Kamera nicht entfernen lässt, fotografieren Sie einfach durch das Teleskopokular hindurch. Hierzu können Sie den Apparat mit Schraubadaptern (links) oder Klemmhalterungen (rechts) befestigen.

> rend dieser Zeit müssen Sie das Teleskop der Himmelsbewegung nachführen, um zu verhindern, dass das Abbild des Planeten zu einem Strich auseinander gezogen wird. Verwenden Sie hierfür am besten computergesteuerte Go-to-Teleskope, egal ob mit azimutaler oder parallaktischer Montierung.

Um das Planetenscheibchen maximal zu vergrößern oder um einen Mondkrater im Detail zu knipsen, stellen Sie das Zoomobjektiv Ihrer Kamera auf die maximale Teleposition. Vermeiden Sie aber den »Digitalzoom«, weil dieser das Bild nur künstlich aufbläst und die Aufnahme pixelig und grobkörnig macht. Verwenden Sie stattdessen ein Okular mit höherer Vergrößerung, also kürzerer Brennweite.

Ich für meinen Teil nehme für Planetenfotos ein niedrig vergrößerndes Okular, allerdings in Verbindung mit einer Barlowlinse. Mit diesem Zubehörteil können Sie die Vergrößerung jedes beliebigen Okulars auf das Zwei- oder Dreifache steigern. Sie sollten es sich zum Ziel setzen, so hoch zu vergrößern, dass das Planetenscheibchen mit mindestens zwei bis drei Millimeter Durchmesser auf dem LCD-Bildschirm der Digitalkamera abgebildet wird.

Wie lange belichten?

Während Jupiter ein großes und helles Ziel darstellt, bietet Saturn mit seinen Ringen den fotogeneren Anblick. Beide Planeten können Sie besonders gut in der ersten Jahreshälfte 2005 beobachten und fotografieren, während Mars erst gegen Jahresende wieder in Erdnähe kommt und zu einem lohnenden Motiv wird.

Um bei Planetenaufnahmen die richtige Belichtungsdauer zu finden, müssen Sie Ihre Kamera per Hand einstellen. Der winzige, helle Planet, umgeben von tiefschwarzem Himmel, trickst nämlich jede Belichtungsautomatik aus: Das Resultat der Aufnahme wäre ein völlig überstrahlter Klecks. Für Jupiter sollten Sie zunächst Belichtungszeiten zwischen 1/30 und 1/4 Sekunde wählen – das gilt auch für Mars während seiner Oppositionsstellung –, für den leuchtschwächeren Saturn können Sie 1/4 bis zwei Sekunden als Richtwert nehmen. Die Iso-Einstellung sollte dabei 200 oder 400 betragen.

Schwierigkeiten bereitet häufig das Scharfstellen. Der Fokus eines lichtschwachen, kleinen und zappligen Planetenscheibchens ist nicht einfach zu finden. Eine Möglichkeit besteht darin, zuerst auf einen hellen Stern oder ein Detail auf dem Mond zu fokussieren und dann auf den Planeten zu schwenken. Die sternähnlichen Monde des Jupiters eignen sich besser zum Fokussieren als der eigentliche Planet. Wenn sich der Autofokus Ihrer Kamera abschalten lässt, dann können Sie den Schärfepunkt auf unendlich stellen und danach den endgültigen Fokus per Hand regeln.

Bei starken Vergrößerungen stoßen Sie auf eine weitere Schwierigkeit: die Bildunschärfe infolge atmosphärischer Turbulenzen nämlich. Diese bewirken,

PAUL HYNDMAN

JAMES BARNES

Zwei alte Bekannte Saturn, aufgenommen mit einer Nikon Coolpix 995 durch ein 20-Zentimeter-Maksutow, und Jupiter, aufgenommen mit einer Nikon Coolpix 950 durch ein 20-Zentimeter-Schmidt-Cassegrain

dass beim Blick durchs Teleskop die Sterne scheinbar flackern und das Bild an Schärfe verliert. Dieser Effekt ist umso ausgeprägter, je höher Sie die Vergrößerung vorgeben. Im Extremfall ändert sich das Bild von Sekunde zu Sekunde. Astronomen reden bei derartigen Bedingungen von »schlechtem Seeing«.

Da hilft auch keine Erfahrung mehr

Sie können ein mäßiges Seeing gewissermaßen überlisten, indem Sie Ihre Kamera auf Serien- oder Reihenbelichtung einstellen und eine Vielzahl von Bildern innerhalb kurzer Zeit aufnehmen lassen. Oder Sie lösen den Apparat einfach entsprechend oft hintereinander aus. Wenn Sie die Aufnahmen später am Computer anschauen, werden Sie feststellen, dass einige der Bilder in Momenten mit gutem Seeing entstanden sind. Diese Aufnahmen sind dann deutlich schärfer als die anderen.

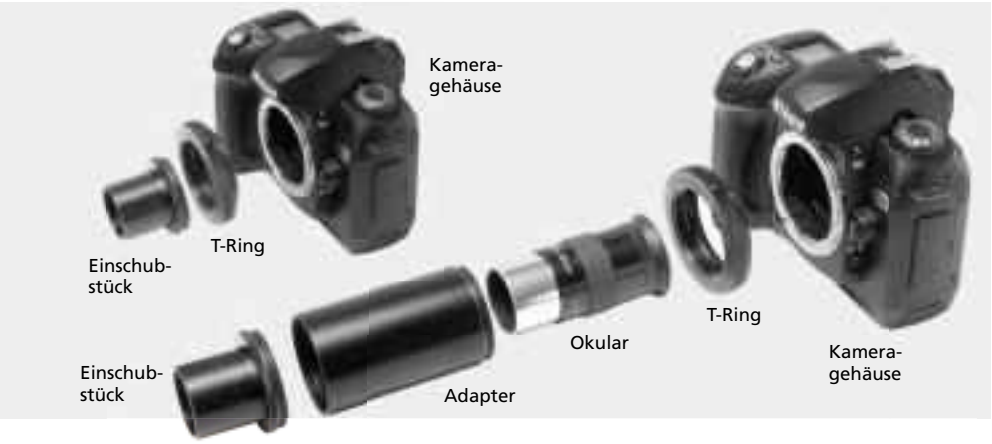
Nächte mit sehr schlechtem Seeing jedoch erlauben keine scharfen Aufnahmen, unabhängig davon, über wie viel Erfahrung Sie bereits verfügen. In dem Moment, wo Sie stärkere Vergrößerungen einsetzen, um mehr Details zu bekommen, wird die Darstellung zwar größer, aber auch dunkler, was wiederum längere Belichtungszeiten erfordert. Mit zunehmender Belichtungsdauer summieren sich jedoch die Auswirkungen der atmosphärischen Turbulenzen – das Bild verschmiert immer mehr. Das Erfassen feinster Details wird schlicht und ergreifend unmöglich.

Eine wirklich tolle Sache bei Digitalkameras ist, dass man ohne große Kosten Hunderte von Bildern aufnehmen kann. Sie müssen sich nicht damit beschäftigen, welches effektive Öffnungsverhältnis Ihr Gesamtsystem hat und welche Belichtungszeit wohl die richtige sei. Fotografieren Sie einfach drauf los und schauen Sie sich die Ergebnisse an. Was Ihnen misslingt, löschen Sie einfach.

Die neueren Modelle speichern zusammen mit dem Bild sogar die Aufnahmedaten, welche später von vielen Bildbearbeitungsprogrammen angezeigt werden. Dadurch können Sie die Belichtungseinstellungen leicht nachvollziehen und so wertvolle Erfahrungen sammeln. Allerdings sollten Sie noch zusätzliche Aufzeichnungen darüber machen, welche Ausrüstungsteile und welches Okular Sie verwendet haben. Auch im digitalen Zeitalter haben handschriftliche Aufzeichnungen nicht ausgedient.

Wenn Sie mit einer Kleinbild-Spiegelreflexkamera (SLR) arbeiten, bei der Sie das Objektiv auswechseln können, dann nutzen Sie dies und entfernen das Objektiv. Je weniger Glas da ist, durch das Sie hindurch fotografieren, umso besser gelingt die Aufnahme. Ohne Objektiv können Sie das Kameragehäuse direkt am Teleskop anschließen, wobei auch die Verwendung eines Okulars entfällt. Um einen festen und sicheren Anschluss zu gewährleisten, benötigen Sie einen speziellen Fokaladapter. Solche Adapter sind überdies bestens für den Anschluss von digitalen Spiegelreflexkameras geeignet, die, genauso wie SLR-Kameras mit Film, auswechselbare Objektive haben und bei Hobbyfotografen immer beliebter und erschwinglicher werden. Wenn Sie Ihre Kamera direkt (also ohne Objektiv) an >

Bei abgebautem Kameraobjektiv benötigen Sie ein Einschubstück und einen T-Ring, um die Kamera mit dem Teleskop zu verbinden (links). Für starke Vergrößerungen gibt es zusätzlich Okular-Projektionsadapter (rechts).



NIGHT SKY, C. M. UTTER

GUIDE 8.0

... das umfangreichste Astro-Programm für Ihren PC!

Sie suchen nach einem Programm zur Darstellung detailliertester Sternkarten in professioneller Genauigkeit und hoher Qualität, dann werden Ihnen die folgenden Merkmale von GUIDE 8.0 gefallen: Vollständig deutschsprachige Version • 18 Millionen Sterne bis zur 15. Größe für den gesamten Himmel

• mehr als 45 000 variable Sterne und über 1 000 000 Galaxien • Planeten mit allen beobachtbaren Details • Alle bekannten Monde im Sonnensystem • Hunderte Kometen • über 100 Kataloge, darunter NGC, SAO, PPM, IC, PGC, UGC, Abell, RC3, MGC ... • über 158 000 Kleinplaneten • höchste Genauigkeit, deutlich besser als eine Sternkunde • Einfache und schnelle Bedienung • Sterndarstellung mit Hilfe der extrem genauen Hipparchos und Tycho-2 Kataloge • Unterstützung von RealSky, DSS und USNO A2.0, auch über das Internet • Vollständige Daten zu über 3000 Nebeln

Neu in Version 8.0: verbesserte Bedienoberfläche • verbesserte Daten zu NGC-Objekten • hochauflösende Mondkarte • über 30 000 Bilder • aktualisierte Kataloge • 2 CD-ROM • und vieles mehr...

Nach kurzer Einarbeitung ist es auch für Unerfahrene leicht die gewünschten Karten zu erstellen, ausführlichste Informationen zu Objekten zu erhalten und astronomische Ereignisse zu verfolgen. Tausende zufriedener Anwender bürgen für die hohe Qualität von GUIDE.

Systemvoraussetzungen: 16MB RAM, CD-ROM, Windows

nur € 125.-

Falls Sie unseren Katalog zugesandt bekommen möchten, senden Sie bitte € 1.44 in Briefmarken an:

astro-shop

Eiffestr. 426 • 20537 Hamburg

Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94

www.astro-shop.com/ahol

ALAN DYER

Bei afokaler Fotografie darf die Kamera nicht zu weit vom Objektiv entfernt sein, sonst kommt es zur Vignettierung der Aufnahmen.

> ein Teleskop anschließen, werden Sie staunen, wie klein der Mond auf dem Foto abgebildet wird. Sie brauchen ein Teleskop mit stattlichen zwei Meter Brennweite, um das Format einer Kleinbildkamera mit dem Abbild des Monds auszufüllen. Bei den meisten digitalen SLR-Kameras erreichen Sie das gleiche Ziel hingegen schon bei etwa 1200 Millimeter Brennweite. Hat Ihr Teleskop eine geringere Brennweite, dann verwenden Sie einfach eine Zwei- oder Dreifach-Barlowlinse, um den Abbildungsmaßstab zu vergrößern.

Die Belichtungszeiten sind ähnlich denen bei der afokalen Fotografie: 1/4 Sekunde für die dünne Mondsichel bis 1/500 Sekunde für den Vollmond. Für Aufnahmen, auf denen der ganze Mond zu sehen ist, stellen Sie den Iso-Wert auf 100, um möglichst viele Details zu erfassen und das Rauschen und die Körnung auf niedrigem Niveau zu halten.

Bei SLR-Kameras – egal ob digital oder mit Film – benötigen Sie einen Okular-Projektionsadapter, um hohe Vergrößerungen zu erzielen, etwa für Schnappschüsse von den Planeten oder Nahaufnahmen der Mondoberfläche. Oft besteht dieser Adapter nur aus einer Verlängerungshülse für den Fokaladapter, in die ein Okular eingesetzt werden kann. Das Okular projiziert ein vergrößertes Bild auf den Film oder Bildsensor.

Kompromisse finden

Wenn Sie ein Okular mit hoher Vergrößerung verwenden, erreichen Sie zwar gewaltige Abbildungsmaßstäbe, müssen aber auch – wie bereits beschrieben – die Belichtungszeiten verlängern. Ein doppelt so großes Abbild erfordert eine viermal so lange Belichtung! Indem Sie einen ISO-400-Film wählen beziehungsweise Ihre Digitalkamera auf diese Empfindlichkeit einstellen, erzielen Sie einen guten Kompromiss, bei dem einerseits die Belichtungszeiten in erträglichen Grenzen gehalten werden und andererseits das Filmkorn und das Bildrauschen noch nicht übermäßig in Erscheinung treten. Dennoch können die Belichtungszeiten für Details auf der Mondoberfläche und für Planeten im Bereich von 1/30 bis hin zu zwei Sekunden liegen.

Sollte das Knipsen von Mond und Planeten Ihren Appetit auf die Teleskopfotografie anregen, dann werden Sie vermutlich bald über den Tellerrand unseres Sonnensystems hinausschauen wollen. Dort, im Reich des Deep Sky, harren Sternhaufen, galaktische Nebel und Galaxien darauf, von Ihnen auf Film oder Chip gebannt zu werden. Wir werden das Thema Deep-Sky-Fotografie in einer der folgenden Ausgaben behandeln.

Bis dahin bieten Ihnen Mond und Planeten ausgiebig Motive für schöne Himmelsaufnahmen. In den dreißig Jahren Astrofotografie, die mittlerweile hinter mir liegen, habe ich noch immer nicht alle Planeten und den Mond in allen seinen Phasen erwischt. Und jetzt muss ich Schluss machen, denn es sieht so aus, als würde es heute Abend aufklaren! <<

Alan Dyer ist Programmgestalter im Calgary Science Center in Alberta, Kanada. Zusammen mit Terence Dickinson schrieb er das Buch »The Backyard Astronomer's Guide«, Firefly Books 2002.

Sieben Schritte sorgen für scharfe Bilder

1. Je höher, desto besser. Die besten Fotos von Mond und Planeten gelingen, wenn diese möglichst hoch am Himmel stehen. Dort stören Dunst und atmosphärische Turbulenzen am wenigsten.

2. Sorgfältig fokussieren. Stellen Sie bei afokaler Fotografie zuerst das Teleskopbild scharf, während Sie durch das Okular schauen; Brillenträger behalten die Brille dabei auf. Schalten Sie den Autofokus der Kamera ab (wenn möglich) und stellen Sie die Schärfe manuell auf unendlich. Montieren Sie die Kamera hinter dem Okular. Fokussieren Sie dann mit dem Fokussiertrieb des Teleskops, wobei Sie das Bild auf dem Kameradisplay betrachten. Alternativ können Sie auch Testaufnahmen machen und diese bei maximaler Vergrößerung beurteilen.

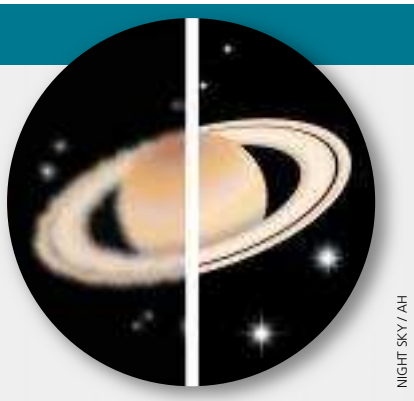
3. Belichtungszeit. Wechseln Sie zur manuellen Belichtung. Öffnen Sie die Blende maximal (bei den meisten Kameras f/2.8 bis f/4) und passen Sie dann die Belichtungszeit an. Schalten Sie den Blitz ab!

4. Wahl der Qualitätsstufe. Für bestmögliche Qualität müssen Sie die maximale Bildgröße und die kleinste JPG-Bildkomprimierung wählen. Sie können auch unkomprimierte Formate verwenden, etwa Tiff oder Raw. Diese belegen allerdings sehr viel Speicherplatz.

5. Zoomen. Nutzen Sie den optischen Kamerazoom, um das Bild auf die gewünschte Größe zu bringen und Vignettierung an den Bildrändern zu vermeiden.

6. Noch größer. Nutzen Sie, um höhere Vergrößerungen zu erzielen, niemals den Digitalzoom. Schalten Sie stattdessen eine Barlowlinse vor das Okular. Diese können Sie auch zur Brennweitenverlängerung in der Fokalfotografie verwenden.

7. Vorsichtig auslösen. Verwenden Sie, um die Kamera beim Auslösen nicht zu erschüttern, eine Fernsteuerung oder einen Kabelfernauslöser, notfalls auch den Selbstauslöser. Wenn Sie eine Spiegelreflexkamera besitzen, wo der Klappspiegel vor der Aufnahme hochgeschwenkt und arretiert werden kann, nutzen Sie dies. Sie verhindern damit Erschütterungen infolge des Spiegelschlags.



NIGHT SKY / AH

Scharf oder nicht scharf, das ist hier die Frage.

Kleines Fernrohr oder halbes Fernglas?

Astronomen lieben alles, was Licht sammelt und vergrößert. Spektive bieten beides und werden daher von vielen Herstellern als Einsteigergeräte angeboten. **>> Stefan Seip**

Neben Ferngläsern und Teleskopen findet man im Sortiment der meisten Optikhersteller auch so genannte Spektive. Dabei handelt es sich um kleine, tragbare Fernrohre, die primär für die Nutzung am Tag und in der Dämmerung vorgesehen sind. Im Gegensatz zum astronomischen Fernrohr liefern sie aufrecht stehende, seitenrichtige Bilder, wie man sie auch von Ferngläsern kennt. Im Unterschied zu Letzteren bieten Spektive jedoch keinen stereoskopischen Einblick, das heißt man muss beim Durchschauen – ähnlich wie bei Teleskopen – ein Auge zukneifen. Vor allem Naturfreunde, Jäger, Vogelbeobachter und Sportbegeisterte sind die Hauptzielgruppe der Spektivhersteller. Ihre unkomplizierte Handhabung und ihre Kompaktheit führt aber auch Hobbyastronomen in Versuchung. Sei es, dass sie für einen gelegentlichen, schnellen Blick zum Sternenhimmel nicht gleich ein Teleskop anschaffen möchten oder sei es wegen ihres Wunsches nach einem kompakten Zweitinstrument für den Urlaub.

Die meisten Spektive, die in manchen Broschüren auch Spotting Scopes oder Handteleskope genannt werden, besitzen Objektivlinsen, arbeiten also wie ein astronomisches Linsenteleskop (Refraktor). Einige Modelle sind als Spiegeloptik konstruiert und bestehen aus Spiegeln und Linsen wie Maksutow-Cassegrain- oder Schmidt-Cassegrain-Teleskope. Diese so genannten katadioptrischen Spiegelsysteme sind jedoch fast schon richtig ausgewachsene Fernrohre.

Markenzeichen: Kurze Brennweiten

Die Fähigkeit eines Teleskops, Licht zu sammeln, die Auflösung zu steigern und das Bild zu vergrößern, hängt von seinem Durchmesser (der »Öffnung«) ab. Mit wachsender Öffnung steigt das Leistungsvermögen eines Fernrohrs. Der Wunsch nach einer möglichst großen Öffnung steht aber jenem nach Handlichkeit, geringem Gewicht und kompakten Abmessungen entgegen. Daher ist die Öffnung der meisten Spektive auf fünfzig bis hundert Millimeter beschränkt. Um die Baulänge in Grenzen zu halten, besitzen Handteleskope ausnahmslos kurze Brennweiten. Bei der Verwendung von zweilinsigen Objektiven aus herkömmlichem Glas leiden die Objektive dabei unter der so genannten chromatischen Abberation, einem Farbfehler, der daraus resultiert, dass nicht alle Farben des sichtbaren Lichtes in einem Brennpunkt vereinigt werden können. Vor allem bei hohen Vergrößerungen wirkt sich dieser störend aus: Um helle Objekte ist ein Farbsaum sichtbar und der Bildkontrast lässt spürbar nach.

Nur durch den Einsatz von Spezialgläsern oder von Objektiven mit drei Linsen kann dieser Bildfehler gemildert oder ganz beseitigt werden. Spektive mit solchen Objektiven tragen die Zusatzbezeichnung Apo (für Apochromat), ED (für Linsen mit außergewöhnlichen Brechungseigenschaften – Extra-low Dispersion), HD (High Definition) oder FL (Hinweis auf fluoridhaltige Linsen). Die bessere Farbkorrektur schlägt sich allerdings deutlich im Preis nieder. Daher bie-

ALLE FOTOS: STEFAN SEIP

Mondsüchtig? Selbst in Stadtlagen werden Sie verblüfft sein, wie viele Krater unseres Trabanten Sie mit einem Spektiv sehen können.

Die rote Vergütung auf dem Objektiv vermeidet große Lichtverluste durch Reflexion. Die Doppelschiene an der Streulichtblende kann als Peileinrichtung verwendet werden.

ten einige Hersteller ihre Modelle wahlweise mit oder ohne optimierte Farbkorrektur an.

Während ein astronomisches Teleskop auf dem Kopf stehende Bilder liefert, sitzen bei Spektiven Umkehrprismen im Strahlengang, die das Bild wieder aufrichten. Im Weltall gibt es kein oben oder unten, kein rechts oder links. Für astronomische Beobachtungen spielt die Orientierung also normalerweise keine Rolle. Da Spektive aber für Naturbeobachter gedacht sind, muss das Bild gedreht werden. Die eingesetzten Prismen verursachen einen geringen Lichtverlust durch Reflexion an den Glasoberflächen und Absorption in den Glaskörpern. Je nach Fertigungsqualität und verwendetem Glas können sie das Bild auch in der Schärfe beeinträchtigen oder zusätzliche Farbfehler hervorrufen.

Das ist auch der Grund, warum man in rein astronomischen Teleskopen auf die Aufrichtung des Bilds verzichtet. Spektive verfügen entweder über einen direkten, geradsichtigen oder – zur Verbesserung des Einblickkomforts – einen um 45 Grad abgewinkelten Einblick. Wählt man ein geradsichtiges Modell, muss das Gerät bei hoch am Himmel stehenden Objekten über Kopfhöhe montiert werden, damit die Beobachtung nicht in eine akrobatische Leibesübung ausartet. Mit einem 45-Grad-Einblick wird es bequemer, obwohl auch diese Lösung nicht für alle Fälle optimal geeignet ist.

Vorteil – Zoomokulare

Die effektive Vergrößerung, die ein Spektiv liefert, wird durch das eingesetzte Okular bestimmt und lässt sich durch einen Okularwechsel innerhalb gewisser Grenzen variieren. Als Alternative zur Anschaffung mehrerer Okulare bietet sich hier ein Zoomokular an, mit dem Sie ohne Okularwechsel die Vergrößerung stufenlos verändern können. Nachteil: Die meisten Spektive besitzen einen spezifischen Anschluss, sodass Sie bei der Wahl des Okulars meist auf das Angebot dieses Herstellers zurückgreifen müssen. Ein Okularwechsel über Fabrikatgrenzen hinweg – wie bei astronomischen Teleskopen üblich – ist damit fast immer ausgeschlossen. Nur wenige Modelle erlauben die Verwendung von genormten, handelsüblichen Okularen mit einer 1¼ Zoll breiten Steckhülse. Manche Anbieter haben jedoch zumindest einen Adapter im Programm, der die Verwendung von gängigen 1¼-Zoll-Okularen erlaubt.

Viele Spektive verfügen über ein Gewinde zur Montage auf einem normalen Fotostativ, das in vielen Haushalten vorhanden sein dürfte. Damit scheiden diese Instrumente zwar für die Astrofotografie mit langen Belichtungszeiten aus, andererseits entsprechen sie damit aber dem Wunsch nach kompakten, leicht zu transportierenden Geräten. Die geringe Größe der meisten Spektive darf Sie jedoch nicht zur Annahme verleiten, man könne diese freihändig benutzen. Bereits die kleinste Vergrößerung der meisten Modelle ist so hoch, dass verwacklungsfreie Beobachtungen ohne Stativ kaum möglich sind. Auch wenn in Ausnahmefällen das Abstützen an einer Hauswand oder das Auflegen auf eine Mauer seinen Zweck erfüllt, ist ein stabiles Fotostativ doch die bessere Alternative. >

Wenn Ihre Nachbarn abends vor der Flimmerkiste sitzen, bietet ein Spektiv einen »Fernseh«-Genuß ganz eigener Art.

> Im Vergleich zu einem Teleskop mit Montierung gestaltet sich der Einsatz eines Spektivs sehr unkompliziert. Schnell ist das Gerät auf einem Fotostativ aufgeschraubt und schon kann das erste Objekt angepeilt werden. Einsteiger, die noch gar keine Erfahrungen mit astronomischen Beobachtungen haben, sollten sich zuerst den Mond vornehmen. Der ideale Zeitpunkt für die Mondbeobachtung sind die Tage um den zunehmenden Halbmond (»Erstes Viertel«), wenn an der Licht- und Schattengrenze des Monds – dem Terminator – zahlreiche Krater zu sehen sind und er am frühen Abend am Himmel steht.

Über Kimme und Korn peilen

Bitte setzen Sie dabei zuerst das Okular mit der geringsten Vergrößerung ein oder verwenden Sie Ihr Zoomokular in der niedrigsten Vergrößerungsstufe. Kein Spektiv verfügt über ein Sucherfernrohr und so helfen Ihnen allenfalls primitive Peileinrichtungen (»Kimme und Korn«) dabei, den Mond ins Visier zu nehmen. Der um 45 Grad abgewinkelte Einblick erschwert das Anpeilen zusätzlich. Hilfreich ist hier ein Stativkopf, bei dem die Bewegung des Spektivs um zwei Achsen (hoch/runter, links/rechts) getrennt möglich ist. Ein Kugelkopf, der nach dem Lösen einer einzigen Klemmschraube alle Bewegungsrichtungen zulässt, ist hier nicht zu empfehlen. Die Bequemlichkeit des 45-Grad-Einblicks nimmt stark zu, sobald sich das Spektiv in der Stativschelle um seine Längsachse drehen lässt. Wenn Sie den Mond schließlich als hellen Fleck im Okular haben, muss nur noch der richtige Schärfepunkt gefunden werden. Hierfür drehen Sie so lange an der Fokusschraube, bis Sie ein scharfes, detailreiches Bild der Mondoberfläche erhalten.

Ein Temperaturausgleich ist bei Instrumenten der Öffnungsklasse um sechzig Millimeter kaum notwendig. Das bedeutet, Sie können, wenn Sie Ihr Spektiv aus der beheizten Wohnung in die kalte Nacht tragen oder auf den Fenstersims stellen, sofort mit Ihren Beobachtungen beginnen. Allenfalls in der höchsten Vergrößerungsstufe gewinnt das Bild ein wenig, wenn Sie dem Gerät etwa eine halbe Stunde Zeit zum Auskühlen geben. Die Oberflächendetails auf dem Mond werden Sie neugierig machen und der Wunsch nach einer

Gründe für und gegen Spektive

Sie brauchen ein Spektiv, wenn ...

>> Sie bereits ein Teleskop besitzen und ein Zweitgerät für unterwegs suchen.

>> Sie sich ein transportables Beobachtungsinstrument wünschen, das höher vergrößert als ein Fernglas.

>> Sie das Instrument auch für Natur- und Tierbeobachtungen benötigen und nur gelegentlich damit den Sternenhimmel betrachten.

>> Sie primär Himmelsbeobachtungen planen, von Ihrem Gerät aber auch einen bestimmten Zusatznutzen erwarten, z. B. das Erkennen von Zielscheiben auf einem Schießstand.

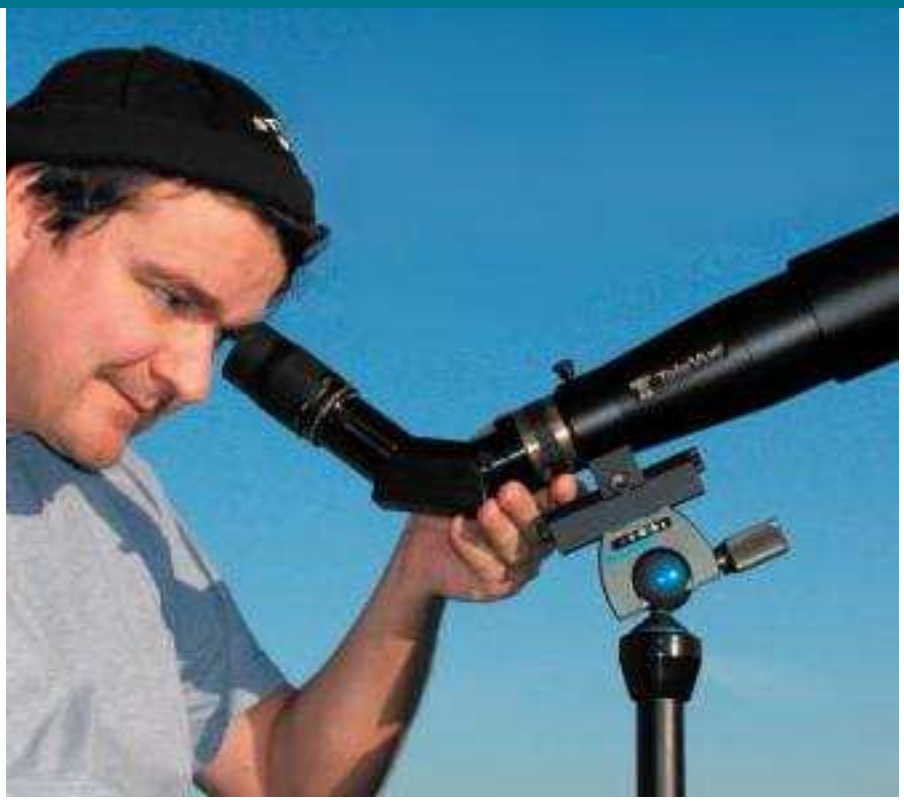
>> Sie sich am Himmel bereits auskennen, die wichtigsten Sternbilder Ihnen geläufig sind und Sie Sternkarten lesen können. Denn nur so wird Ihnen das Auffinden von Objekten mit einem Spektiv gelingen.

Sie brauchen kein Spektiv, wenn ...

>> Sie ein Gerät für die Freihandbeobachtung ohne Stativ suchen. Hier ist ein guter Feldstecher die erste Wahl.

>> Sie noch nicht mit dem Sternhimmel vertraut sind und die Objekte erst einmal kennen lernen wollen. Sie benötigen Hilfestellung durch Ihr Instrument, z. B. eine automatische Positionierung. Ein Go-to-Teleskop ist hier die richtige Wahl.

>> Sie Astrofotografie mit langen Belichtungszeiten betreiben möchten. Auch hier ist ein Teleskop mit feingängiger elektrischer Nachführung wesentlich besser geeignet.



Knick in der Optik? Ein um 45 oder 60 Grad abgewinkeltes Okular ermöglicht eine komfortable Beobachterposition.

höheren Vergrößerung ist schnell geweckt. Kein Problem, wenn Sie sich für ein Zoomokular entschieden haben. Durch eine einfache Drehung an dessen Einstellring lässt sich dessen Brennweite verringern und damit die Gesamtvergrößerung steigern. Leider sind diese Ringe bei manchen Okularen so schwer gängig, dass die Gefahr besteht, beim Zoomen das Spektiv zu verreißen und dabei den Mond im Blickfeld zu verlieren. Ein stabiles Stativ verhindert auch dieses.

Obligatorische Schärfenkorrektur

In jedem Fall werden Sie beim Steigern des Vergrößerungsfaktors bemerken, dass die Bildhelligkeit abnimmt und das effektive Gesichtsfeld am Himmel immer kleiner wird. Auch ein mehr oder weniger starkes Nachfokussieren wird notwendig sein. Eine leichte Schärfenkorrektur nach jeder Änderung der Vergrößerung ist also obligatorisch, auch beim Wechsel von großen zu kleinen Vergrößerungen.

Nun sehen Sie den Mond viel größer und detailreicher. Kleinere Krater und Rillen werden sichtbar und Sie möchten mit dem Beobachten gar nicht mehr aufhören. Doch spätestens jetzt werden Sie Augenzeuge der Erdrotation! Obwohl sie den Mond in die Mitte des Gesichtsfelds gerückt haben, wandert er unaufhaltsam nach Westen immer näher an den Rand des Blickfelds und verschwindet schließlich ganz daraus. Die tägliche Drehung des Himmels von Ost nach West, das Spiegelbild der Erdrotation, wird durch die Optik ebenfalls vergrößert und erfordert regelmäßiges Nachstellen des Spektivs. Leider verfügen die wenigsten Fotostative über entsprechende Möglichkeiten zur Feinbewegung. Sie sollten daher auf jeden Fall bei der Wahl des Stativkopfs darauf achten, dass kleinere Lagekorrekturen zum Nachführen der Optik auf ein Himmelsobjekt hinreichend präzise möglich sind. Ein Stativ, das bei jedem Nachrücken eine neue Objektsuche erfordert, kann Ihre Freude am Beobachten erheblich beeinträchtigen.

Höhere Vergrößerungen sind aber nicht immer zwangsläufig besser. Das Gesichtsfeld wird kleiner, die Helligkeit von flächig ausgedehnten Objekten sinkt und der Einfluss der Luftturbulenzen in der irdischen Atmosphäre wird größer. Im Extremfall bekommen Sie in der höchsten Vergrößerungsstufe gar kein richtig knackig scharfes Bild mehr, weil das Bild auf Grund der Luftbewegungen nur noch wabert (siehe »Ein Funkeln in den Augen«, S. 74). Auch eventuell vorhandene Abbildungsfehler der Optik – etwa der erwähnte Farbfehler von Linsenteleskopen – werden bei höheren Vergrößerungen immer deutlicher. Oft ist es dann angebracht, die Vergrößerung wieder ein wenig zu reduzieren. Mit Spektiven können Sie fast alle astronomischen Objekte beobachten. Beeindruckend werden zwar jeweils nur die hellsten Vertreter sein, doch für den Einstieg sind Ihnen unzählige Stunden und Nächte mit schönen Beobachtungserfolgen garantiert. Schließlich geht es zunächst darum, die verschiedenen Ziele zu finden, sie miteinander zu vergleichen und ihre Eigenschaften kennen zu lernen.

Sollten Sie auf die Südhalbkugel der Erde reisen, nehmen Sie unbedingt Ihr Spektiv mit, damit Sie auch die Paradeobjekte des Südhimmels genießen können. Nicht nur in einer solchen Situation zeigt sich der Sinn eines alten Leitspruchs: »Das beste Fernrohr ist jenes, das man stets bei sich hat und nicht jenes, welches man wegen seines Gewichts zu Hause lassen muss.« Ein schöner Nebeneffekt der Spektive ist, dass man sie auch uneingeschränkt am Tag benutzen kann.

Tageslichttaugliche Instrumente

Mit ihnen gelingen wundervolle Naturbeobachtungen genauso wie die Überbrückung von großen Distanzen bei Sportveranstaltungen. Ihre Einsatzbereiche sind vielseitig. Achten Sie daher auf die kürzest mögliche Einstellentfernung, wenn Sie Nahziele beobachten wollen, denn in diesem Punkt unterscheiden sich die Modelle zum Teil erheblich voneinander. Für die Astronomie hingegen ist dieses Merkmal nicht von Belang.

Die Eingangsfrage, ob ein Spektiv nun ein kleines Fernrohr oder halbes Fernglas ist, muss mit einem Sowohl-als-auch beantwortet werden. Spektive vereinigen einige Vor-, aber auch manche Nachteile beider Systeme. Ob für Sie ein Spektiv die richtige Wahl ist, müssen Sie letzten Endes selbst herausfinden.

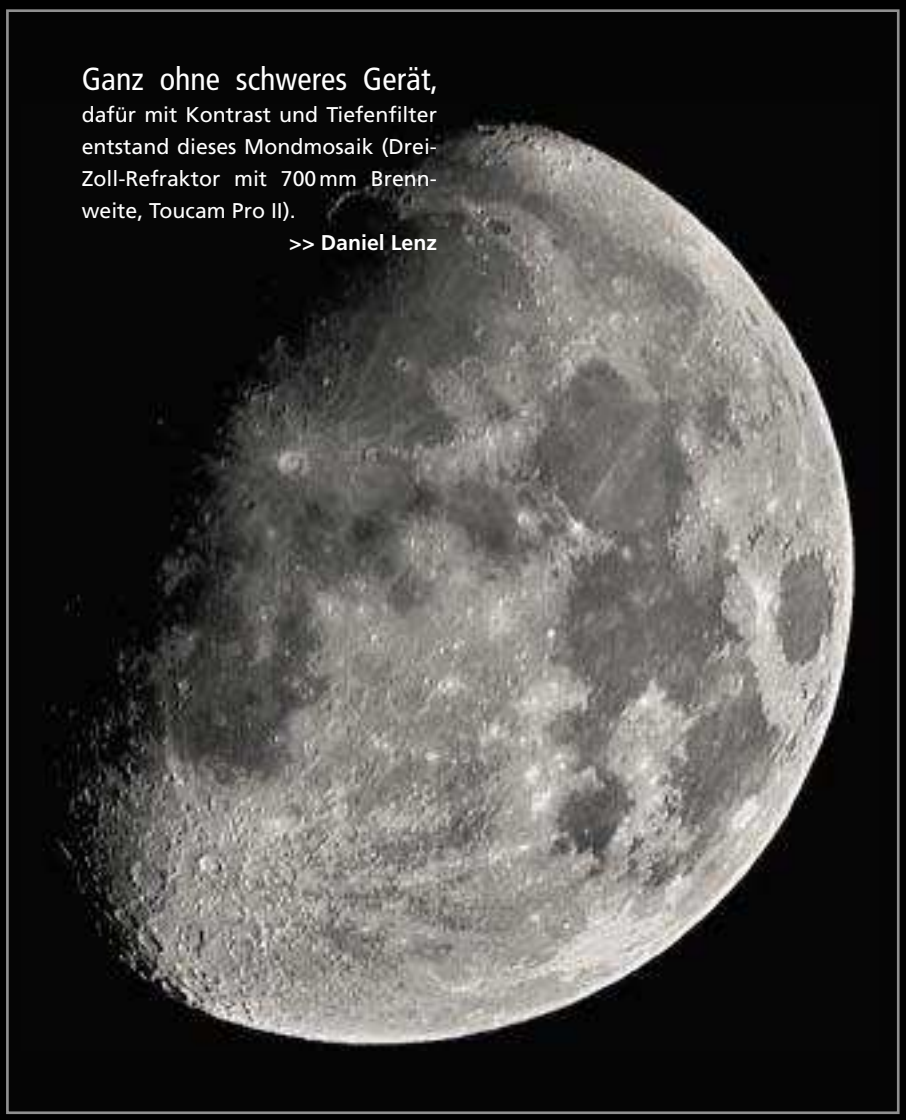
Doch nehmen Sie sich für Ihre Entscheidung Zeit. Überstürzen Sie nichts. Denn ein gutes Spektiv kann eine Anschaffung fürs Leben sein.

In der nächsten Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE testen wir für Sie sieben Spektive auf Herz und Nieren. <<

Zum ersten Mal gab sich AH-Autor **Stefan Seip** mit Linsenteleskopen einer Öffnung unter zehn Zentimetern zufrieden – und war positiv überrascht.

Mit einfachen Mitteln …

… lassen sich oft ungewöhnliche Resultate erzielen. Greifen Sie zu Kamera, Fisheye oder Bleistift und experimentieren Sie!



Ganz ohne schweres Gerät, dafür mit Kontrast und Tiefenfilter entstand dieses Mondmosaik (Drei-Zoll-Refraktor mit 700 mm Brennweite, Toucam Pro II).
>> **Daniel Lenz**

Raupe im Tupfenmeer
Der Kokonnebel IC 5146, aufgenommen bei angesaugter Filmebene. Bearbeitet mit Astroart, Registar und Photoshop >> **Knut Schäffner**

Lichtstrudel über Island

Mit Blick zum Zenit speicherte eine Canon EOS 20D mit 10,5 Millimeter Fischauge das Polarlicht auf den Chip; bei Blende 2,8 acht Sekunden belichtet, 800 Asa. **>> Martin Rietze**

Das alte Analoggerät ...

... wollte der Fotograf noch einmal hervorholen, und dabei entstand diese Aufnahme von Kassiopeia bei Offenblende auf einem Fuji-Diafilm. **>> Günter Ullmann**

Mond von nah und fern

Wie eine Lichterkette erscheint der Vollmond, im Abstand von zwanzig Minuten je 1/2 Sekunde belichtet.
>> Patrick Rosyk

Ein Mosaik des Mondkraters »Clavius« (unten). **>> Martin Wagner**

Blaue Lichter über der Stadt

M78 ist der hellste diffuse Reflexionsnebel am Himmel. Fotografiert durch ein Zehn-Zoll-Newton mit Koma-Korrektor aus dem Stadtgebiet Berlins **>> Mark Achterberg**

Trifid über der Lagune

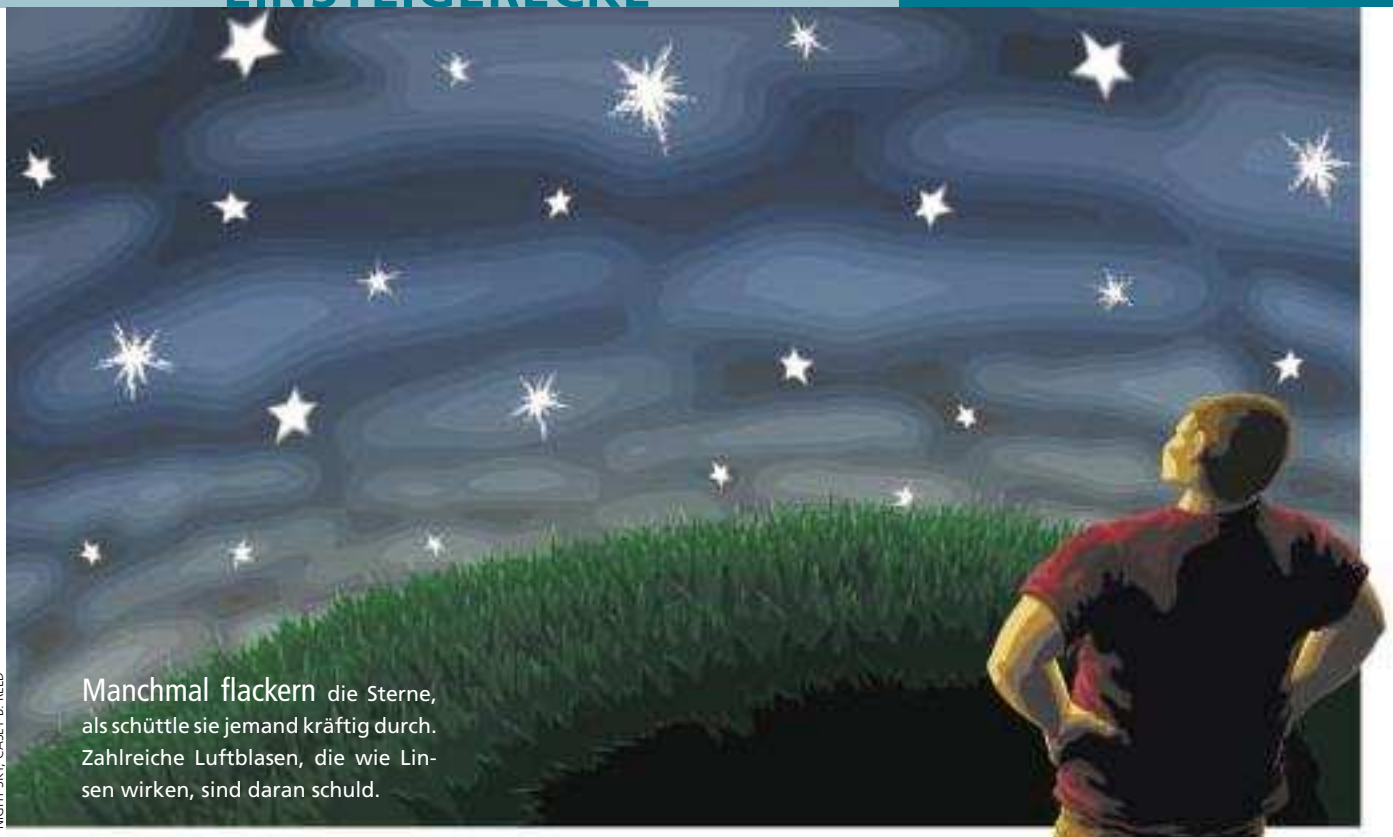
Auf Mittelformatfilm E200 wurden der Trifid-Nebel M20 und der Lagunennebel M8 abgelichtet, anschließend bearbeitet. >> **Knut Schäffner**

Mit Bleistift und Skizzenblock

porträtierte der Zeichner die Frühlingssonne und die Entwicklung einer Protuberanz. Filamente und Aktivitätsgebiete wurden direkt am Teleskop gezeichnet, der Rest später ergänzt. >> **Lambert Spix**

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de



NIGHT SKY, CASEY B. REED

Manchmal flackern die Sterne, als schüttle sie jemand kräftig durch. Zahlreiche Luftblasen, die wie Linsen wirken, sind daran schuld.

Ein Funkeln in den Augen

Wenn die Sterne beim Beobachten flackern und verschwimmen, ist das ein Zeichen von Luftunruhe. **>> Phil Plait**

Der Tag hatte nicht besonders gut angefangen. Ein heftiges Gewitter war über die Ostküste gezogen und hatte literweise Regen über das Land gegossen. Doch bis zur Abenddämmerung klarte der Himmel auf, und ich war beeindruckt von seinem tiefen Blau. Damals arbeitete ich gerade an meiner Examensarbeit über Gaswolken, die beim Sterben von Sternen entstehen. Dazu waren sehr viele Beobachtungsdurchgänge nötig, und sobald das Unwetter sich verzogen hatte, machte ich mich auf den Weg zum Observatorium.

Nach den üblichen zwei Stunden Vorbereitungsarbeit war ich startklar. Die Sonne war untergegangen, der Himmel schwarz und das Teleskop lief. Ich musste nur noch die Kamera einstellen. Doch irgendetwas stimmte nicht. Die Bilder wollten einfach nicht scharf werden. Ich reinigte das Objektiv und machte erneut ein paar Aufnahmen. Noch immer waren auf den Bildern statt kleiner Sterne nur riesige unscharfe Flecken zu sehen. Machte ich irgendetwas falsch? Hatte ich gar das Teleskop zerstört?

Den Horizont kräftig durchgeschüttelt

In diesem Augenblick kam mir meine jahrelange Erfahrung als Amateurastronom zugute. Ich dachte: »Wenn alles andere fehlschlägt, geh hinaus und sieh nach oben.« Genau das tat ich, und tatsächlich – die Sterne flackerten wie verrückt, fast als ob jemand den Himmel am Horizont gepackt hätte und ihn kräftig schüttelte. Das beruhigte mich, denn ich hatte schon befürchtet, man würde mir die Reparaturkosten für das Teleskop des Observatoriums vom nächsten Tutorengehalt abziehen. Um das berühmte Zitat aus Shakespeares »Julius Caesar« einmal abzuwandeln: »Manchmal liegt der Fehler in den Sternen und nicht bei uns selbst.« Das Flackern der Sterne war durchaus kein Indiz dafür, dass ich mir eine Brille zulegen sollte – mir machten einfach schlechte Sichtverhältnisse zu schaffen.

Unsere Luft und das Licht der Sterne vertragen sich nicht besonders gut. Auf seinem Weg durch das Weltall rast das Sternlicht ungestört und geradlinig mit einer Geschwindigkeit von fast 300 000 Kilometern pro Sekunde auf die Erde zu. Doch wenn es nach Milliarden von Kilometern schließlich auf unsere Atmosphäre trifft, stellt sich diese ihm in den Weg.

Sie haben sicherlich schon einmal gesehen, wie die Luft über dem Asphalt eines aufgeheizten Parkplatzes zu glänzen scheint. Das liegt daran, dass warme Luft in ungleichmäßigen Schwaden wie Seifenblasen unterschiedlicher Temperatur aufsteigt. Diese Gasblasen verhalten sich

wie Linsen. Sie beugen das Licht, wenn es sie durchdringt – sie brechen es. Das Gleiche geschieht hoch oben in der Erdatmosphäre. Dort schweben zahllose kleine Blasen aus warmer Luft umher. Und so wie das Bild links es zeigt, brechen und verwischen sie das Licht eines Sterns. In dem Moment, wenn die Gasblasen zwischen Objekt und Fernrohr vorbeiziehen, sehen wir plötzlich ein Flackern.

Diese minimale Bewegung passiert meist viele Male pro Sekunde, sodass das menschliche Auge die Sterne nicht deutlich wahrnehmen kann. Durchs Teleskop betrachtet, scheinen sie zu tanzen. Sie bewegen sich wie zufällig in verschiedene Richtungen, jedoch immer um einen festen Mittelpunkt herum. Astronomen nennen dieses Phänomen Szintillation, ein Laie würde von einem Flackern sprechen.

Ist die Atmosphäre unruhig, die Szintillation also stark ausgeprägt, so sprechen die Forscher von schlechtem »Seeing«. Für die Klarheit des Himmels haben die Astronomen einen anderen Begriff: die Transparenz.

Lichtorgel in Rot-Blau-Orange

Diese beiden Effekte stehen oft im Konflikt miteinander. In der Nacht nach dem Gewitter war der Himmel außergewöhnlich transparent, das Seeing jedoch grauenvoll – ein Zustand, der nach Gewittern häufig eintritt: Dunst und Dreck in der Luft verziehen sich, doch die Atmosphäre hinter der Wetterfront ist noch immer sehr turbulent.

Das Flackern hat noch weitere Folgen. Linsen brechen die verschiedenen Spektralfarben des Lichts auf unterschiedliche Weise. Blaues Licht wird stärker gebrochen als gelbes, das wiederum stärker abgelenkt wird als rotes. Wenn die Ereignisse in der richtigen Reihenfolge ablaufen, kann man manchmal einen weißlichen Stern plötzlich rot werden sehen, dann blau und schließlich orange. Für jemanden, der nur gelegentlich zu den Sternen aufschaut, ist das Flackern vielleicht schön anzusehen. Doch wenn man die Sterne durchs Teleskop betrachtet, sieht es schrecklich aus: Lichtpunkte verschwimmenen zu Flecken, und wenn zwei Objekte dicht nebeneinander liegen, verschmelzen sie miteinander. Aus Mangel an weltraumgestützten Teleskopen können Astronomen gegen ein schlechtes Seeing nicht viel tun.

Ein paar Möglichkeiten gibt es aber dennoch. Eine davon ist, bei sehr kurzen Belichtungszeiten viele Aufnahmen zu machen. Wer nur etwa eine tausendstel Sekunde lang belichtet, kann die Bewegung sozusagen einfrieren. Jedes Foto zeigt dann ein klares Abbild des Himmelskörpers, und der Astronom kann die verschiedenen Aufnahmen später zu einem guten Bild addieren. Das funktioniert allerdings nur bei sehr hellen Objekten, denn schwächer leuchtende Sterne sind bei derart kurzen Belichtungszeiten auf den Fotos nicht zu erkennen.

Eine andere Erfolg versprechende Methode ist die so genannte adaptive Optik. Dabei misst das Teleskop in Echtzeit die Turbulenzen, die durch die warmen Luftströme entstehen. Position und physikalische Form des Spiegels passen sich entsprechend an. Der Spiegel verformt und justiert sich ständig, um die Verwirbelungen auszugleichen und ein gutes Bild erzeugen zu können. Und das funktioniert! Teleskope mit adaptiver Optik liefern in der Tat eine mindestens ebenso gute Detailauflösung wie das Hubble-Weltraumteleskop.

PEKKA PARVIAINEN

Am Horizont sind die Auswirkungen schlechten Seeings am drastischsten sichtbar: Selbst die untergehende Sonne erscheint verzerrt.

Mond und Sternhaufen bieten sich an

Solche technischen Vorrichtungen sind allerdings für die meisten Hobbyastronomen unerschwinglich, sodass sie bei starker Luftunruhe auf andere Objekte ausweichen müssen (siehe auch »Astrospaß im Großstadtdschungel«, S. 32). So können Sie zum Beispiel Objekte wählen, die zur Beobachtung keine starke Vergrößerung erfordern. Der Mond oder Sternhaufen bieten sich in diesem Fall an.

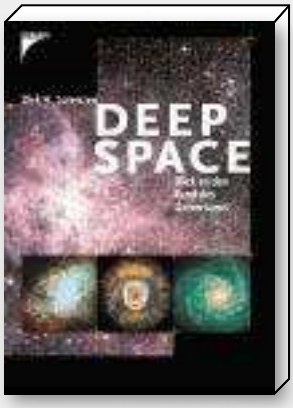
Ich habe ein gespaltenes Verhältnis zum schlechten Seeing. Ich weiß, dass es Beobachtungen unmöglich machen kann, aber es hat auch seinen Reiz!

Also kann ich damit leben – vor allem wenn ich gerade nicht arbeiten muss und draußen unterm Sternhimmel stehe, um mich einfach nur an ihm zu erfreuen. <<

Phil Plait ist Astronom und betreibt die Website www.badastronomy.com. Der Schleier vor seinen Augen könnte auch die Folge von Schlafmangel und nicht von schlechtem Seeing sein. Das kommt davon, wenn man die ganze Nacht durchbeobachtet hat.

Ufos: Unidentifizierte flackernde Objekte

Viele Ufomeldungen stammen von Autofahrern, die von einem hellen Licht in schnell wechselnden Farben berichten, das sie zu verfolgen scheint. In den meisten dieser Fälle sehen die Leute den Hundsstern Sirius (Alpha Canis Maioris). Wenn der hellste Stern am Nachthimmel tief am Horizont steht, kann er ungeheuer stark leuchten, und die Luftunruhe lässt ihn rasch die Farben wechseln. Da Sirius so weit weg ist, wird er in den Augen des Betrachters nicht kleiner, selbst wenn dieser sich mit hoher Geschwindigkeit von ihm entfernt. So bekommt ein Autofahrer das Gefühl, das Objekt folge ihm. Dank ungewöhnlicher Effekte kann der Weltraum uns auch ohne Außerirdische überraschen.



Dirk H. Lorenzen

Deep Space

Blick an den Rand des Universums

Kosmos-Verlag
Stuttgart 2005, 160 Seiten
ISBN 3-440-10289-0
39,90 €

Fantastische Reise

Die astronomische Beobachtungstechnik hat in den letzten Jahrzehnten enorme Fortschritte gemacht. Immer größere Teleskope mit zuvor für unmöglich gehaltenen Spiegeldurchmessern wurden errichtet. Gleichzeitig löste der wesentlich lichtempfindlichere CCD-Chip die Fotoplatte als Aufnahmemedium ab.

Inzwischen gelingt es den Astronomen, das Flackern der Sterne, das durch die Luftunruhe der Erdatmosphäre hervorgerufen wird, »abzuschalten«. All diese Entwicklungen schoben die Grenzen des sichtbaren Universums immer weiter nach außen und zeigen dessen Wunder und Geheimnisse in einem neuen Licht.

Auch wenn es im Untertitel des vorliegenden Buchs »Blick an den Rand des Universums« heisst, befasst sich der Autor doch auch mit den Himmelswundern in unserer unmittelbaren kosmischen Nachbarschaft. Lorenzen ist ein exzellenter Schreiber, der in einem lockeren, flüssigen, aber dennoch präzisen Stil die Schwerpunkte der modernen astronomischen Forschung vorstellt. Dabei werden seine Ausführungen von erstklassischen Fotos der Himmelsobjekte begleitet.

Der Leser erfährt so auf unterhaltsame Art, wie die Nachtschicht eines Astronomen aussieht. Und er ist dabei, wie aus Staubkörnern Sterne werden, die dann als Supernovae oder Planetarische Nebel ihr Leben mehr oder minder heftig aushauchen.

Lorenzen nimmt den Leser mit auf eine fantastische Reise ins Reich der Galaxien, in denen Gravitationslinsen die Bilder weit entfernter Sternsysteme verbiegen. In den Tiefen des Alls blitzen die mysteriösen Gamma-Ray Bursts auf und der Leser darf einen Blick auf Objekte werfen, die schon existierten, als das Universum nur wenige hundert Millionen Jahre alt war.

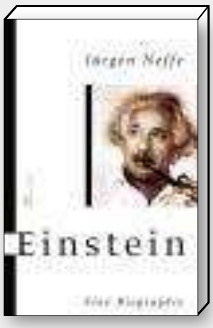
Doch auch ein schon ausgezeichnetes Buch kann noch verbessert werden. Die Erstauflage erschien im Jahr 2000. In der vorliegenden zweite Auflage fand anscheinend keine Aktualisierung mehr statt.

So wird der Nachfolger der Sonde Cobe – der WMAP-Satellit, durch dessen Ergebnisse das Alter des Universums auf ziemlich genau 13,7 Milliarden Jahre festgelegt werden konnte, nicht erwähnt. Eine aktualisierte dritte Auflage sollte also in nicht allzu ferner Zukunft folgen.

Insgesamt können diese wenigen Minuspunkte das überaus positive Urteil jedoch nicht schmälern. Auf dem deutschen Markt gibt es gegenwärtig wohl kein Buch, das »Deep Space« an Qualität in Sprache und Bild das Wasser reichen kann. Es bietet einen bemerkenswert aktuellen und umfassenden Überblick über den Stand der astronomischen Forschung in diesem Bereich.

>> Hans Zekl

Einstein fesselnd



Jürgen Neffe

Einstein

Eine Biographie

Rowohlt Verlag, Reinbek 2005
352 Seiten
ISBN 3-498-04685-3
22,90 €

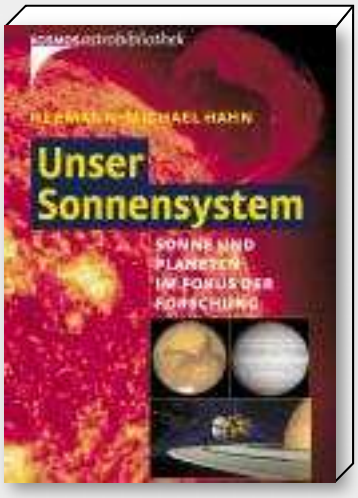
Albert Einstein ist dieses Jahr als »Popstar der Wissenschaft« in aller Munde. Das langhaarige Physikergenie ziert zahlreiche Neuerscheinungen der letzten Wochen. Besonders gründlich befasst sich der Biochemiker und Journalist Jürgen Neffe mit der Person, der Wissenschaft und dem Mythos Albert Einsteins.

Dabei erliegt der Autor nicht der Versuchung, das Genie zu verklären. Stattdessen thematisiert er die Beiträge anderer Forscher zu Einsteins Theorien, darunter wohl den seiner ersten Ehefrau Mileva, auch wenn Einstein diesen später hartnäckig verschwieg. Insgesamt liefert die Biografie eine gut verständliche Geschichte der Physik des frühen 20. Jahrhunderts und zeichnet ein Bild einer von Fortschrittsoptimismus geprägten Epoche.

Dem Privatmann Einstein nähert sich der Autor mittels zahlreicher neuer Quellen. Neffe versteht es, den Physiker durch Briefe an seine Söhne, seine Mutter und seine Frauen selbst »sprechen« zu lassen. So lernt der Leser einen schwärmerischen, kindlichen, oft aber auch egoistischen Einstein kennen. Gleichzeitig wird das politische Engagement des Nobelpreisträgers gewürdigt, sein unermüdlicher Einsatz für Frieden, Toleranz und Menschenrechte.

So viele Aspekte können leicht in einer chronologischen Erzählung untergehen, wohl deshalb wählte der Autor eine thematische Struktur. Dadurch kann der Leser selbst entscheiden, ob er sich zuerst in »Die Raumzeit bebt« oder »Liebe Buben … Euer Papa« vertiefen möchte. Umfangreiche Register und Zitatnachweise runden das 492-Seiten-Werk ab, dessen Reportagestil von der ersten Seite an fesselt.

>> Thorsten Dambeck



Hermann-Michael Hahn

Unser Sonnensystem
Sonne und Planeten im Fokus der Forschung

Kosmos-Verlag 2004
208 Seiten
ISBN 3-440-09796-X
24,90 €

Nachhaltiges Werk

Die Raumfahrt boomt. Schlag auf Schlag erreichen uns Neuigkeiten von unseren Nachbarplaneten. Hermann-Michael Hahn, seines Zeichens Physiker und Wissenschaftsjournalist, beschäftigt sich in seinem Buch mit unserer unmittelbaren kosmischen Umgebung.

Nach einem Prolog, der mit anschaulichen Beispielen, welche die unendliche Weite des Sonnensystems erläutern, nicht geizt, folgen sechs Kapitel. Ihre Reihenfolge spiegelt dabei den inneren Aufbau des Planetensystems wider. Am Anfang steht die Sonne, das unbestrittene Zentrum. Im zweiten Kapitel werden die erdähnlichen Planeten Merkur, Venus, die Erde mit dem Mond als Trabanten und der Mars beschrieben. Die Bedeutung von Kometen, Asteroiden und Meteoriten wird im dritten Teil hervorgehoben. Hat sich der Leser durch den Asteroidengürtel hindurch gearbeitet, stößt er im folgenden Kapitel auf die vier Gasriesen Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, die die Sonne umrunden.

»Jenseits von Neptun« hinterfragt, ob es sich bei Pluto wirklich um einen echten Planeten handelt, und beschreibt den Kuiper-Gürtel und die Oortsche Wolke. Das letzte Kapitel sucht nach fremden Planetensystemen und ist der Entstehung unseres Sonnensystems gewidmet.

Das Buch kommt in einem festen Einband und ist optisch ansprechend aufgemacht. Siebzig Illustrationen, 98 Farb- und 42 Schwarz-Weiß-Fotos bieten eine große optische Opulenz, denn das Auge liest ja bekanntlich mit.

Es handelt sich dabei durchweg um qualitativ hochwertige Bilder und Abbildungen. Hervorstechend ist die klare Struktur des Buchs. So lässt sich darin gezielt nachschlagen, wenn man bestimmte Informationen sucht. Das immer wiederkehrende Schema tabellarischer Auflistungen physikalischer Details und der Chronologien der Beobachtungen, verstärkt noch den Charakter eines Nachschlagewerks. Jedem Himmelskörper ist ein Steckbrief zugeordnet, gefolgt von einer immer ähnlichen Abfolge von Unterkapiteln, beispielsweise die »Stellung im Sonnensystem« oder »Das äußere Erscheinungsbild«. Jedes Kapitel wird mit einem doppelseitigen, bunten Aufmacherbild eröffnet. Dieses findet sich, als eine Art »Quick-Find-Index«, in der jeweils oberen Ecke jeder Seite des Kapitels, wieder. Es erlaubt dem Leser, in jedes der Kapitel einzusteigen, ohne das vorherige gelesen zu haben.

Das Buch ist sprachlich gut und verständlich geschrieben. Es bietet dem Anfänger eine Menge Informationen. Ein nachhaltiges Werk, auf das man immer wieder zurückgreifen kann, wenn man etwas Bestimmtes wissen will. Gesamturteil: Durchaus empfehlenswert!

>> Jens A. Funk

Alle rezensierten Bücher können Sie bei wissenschaft-online.de bestellen

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

ANZEIGE

TV-PROGRAMM

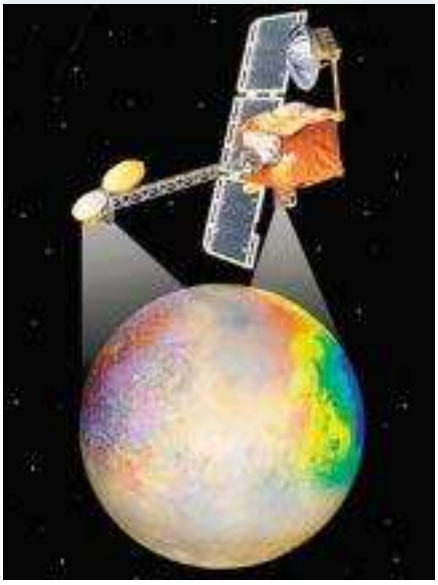
Samstag, 23. April

Außenposten Mars

Dokumentation, GB

Schon in wenigen Jahren könnte der Startschuss für das größte Abenteuer in der Geschichte der Menschheit fallen: Die Eroberung und Besiedlung des Mars. Die Nasa hat Pläne erarbeitet, nach denen im Jahr 2015 bereits die ersten Menschen auf dem Roten Planeten leben und arbeiten könnten. Eine Dokumentation voll kühner Zukunftsvisionen

Discovery Channel, 9.30 Uhr



DPA

Sonntag, 24. April

Kronzuckers Welt: Tödliche Himmelskörper – Der Kampf ums Überleben

Magazin, USA

Ein Gesteinsbrocken stürzt mit neunzigfacher Schallgeschwindigkeit aus dem All auf New York zu – nichts kann ihn aufhalten. Mit dem Moment des Einschlags ist der Big Apple vom Erdboden verschwunden. Die möglichen Folgen eines Meteoriteneinschlags wären verheerend

N24, 20.05 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

Geheimnisse unserer Welt Einsteins Erben und das Rätsel von Ladakh

Das Klima verändert sich dramatisch. Die Polkappen schmelzen, Küsten werden überflutet, Mitteleuropa erstarrt in sibirischer Kälte. Klimaforscher Frank Riedel und sein Team arbeiten fieberhaft am »Blick ins Ungewisse«. Auch wenn die globale Erwärmung längst eine Tatsache ist, erschreckt ihr immer rasanteres Tempo. Ziel der Forschung Riedels ist, klimatische Vorhersagen für die Zukunft zu treffen – mittels GPS vom Weltall aus

PHOENIX, 20.15 Uhr
Wdh. am 30.4. um 19.15 Uhr

Montag, 25. April

Was Einstein noch nicht wusste – Das Rätsel des Universums (1/3) Einsteins Traum

Film über Einsteins Theorien von Joseph McMaster und Julia Cort

PHOENIX 8.15 Uhr. Zweiter Teil »Das vibrierende Universum« am 27.4. um 18.30 und am 2.5. um 8.15 Uhr. Teil drei »Willkommen in der 11. Dimension« am 4.5. um 18.30 Uhr

Samstag, 30. April

Flucht ins All – Tourismus der dritten Art

Technisch ist ein Flug ins All schon heute für jedermann möglich. Ein teurer Spaß, denn die ersten Weltraumtouristen haben 20 Millionen Dollar für ein Ticket zur Internationalen Raumstation ISS gezahlt. Wird Weltraumtourismus in absehbarer Zeit zur erschwinglichen Realität?

NTV, 20.10 Uhr, Wdh. um 23.10 Uhr

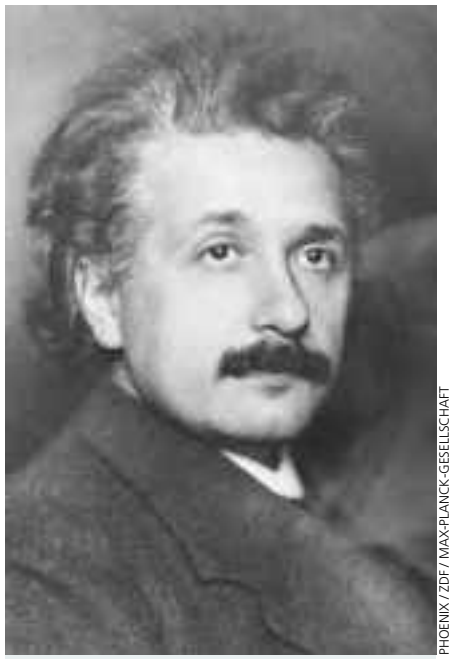
Dienstag, 3. Mai

Durchblick Asteroiden und Kometen

Die Planeten unseres Sonnensystems sind immer wieder von Festkörpern verschiedenster Größe bombardiert worden. Wie groß ist die Gefahr für die Erde, von Meteoriten getroffen zu werden?

Discovery Channel, 18.30 Uhr
Wdh. am 4.5. um 3.30 Uhr

Freitag, 6. Mai



PHOENIX / ZDF / MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Albert Einstein – Popstar der Erkenntnis

Anlässlich des Einstein-Jubiläums widmet ARTE dem Genie und Physikrevolutionär einen Themenabend

ARTE, 22.15 Uhr

Donnerstag, 12. Mai

Geheimnisse der Wissenschaft (4/4) Einschlag der Riesenmeteoriten

Kollisionen mit gigantischen Meteoriten haben eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung unseres Sonnensystems gespielt

ARTE, 19.00 Uhr

Wieso – weshalb – warum? Einmal Weltall und zurück

Vor über zwei Jahren verglühte die Raumfähre Columbia in der Erdatmosphäre und die gesamte Besatzung starb. Die letzte Mission der Columbia markierte den vorläufigen Schlusspunkt einer Serie von Pannen und Unfällen. 1986 bezahlten schon einmal sieben Astronauten den Flug in einem Spaceshuttle mit dem Leben. Am 15. Mai soll die Columbia nun erneut zu einer Mission ins All starten

SWR, 21.50 Uhr

2.–4.5.: Sonneberger Astronomiekurs für Einsteiger. Kostenbeitrag: 150 Euro. Info und Anmeldung: Thomas Weber, Sternwarte Sonneberg, Sternwartenstraße 32, D-96515 Sonneberg, Tel.: 03675 81218, E-Mail: twe@stw.tu-ilmenau.de, Internet: www.stw.tu-ilmenau.de

5.–8.5.: 28. Sonne-Tagung in Mühlleithen. Wer sich mit den Grundlagen der Sonnenbeobachtung vertraut machen möchte, hat dazu im Vogtland (Erzgebirge) die Gelegenheit. Mit Vorträgen, Beobachtungen am Teleskop und Exkursionen zur Deutschen Raumfahrtausstellung in Morgenröthe-Rautenkranz sowie zur Sternwarte Rodewisch bietet diese Tagung ein abwechslungreiches Programm. Info: Steffen Fritsche, Steinacker 33, D-95189 Köditz, E-Mail: info@sonnetagung.de, Internet: www.sonnetagung.de

6.–8.5.: Meteoritenbörse in Gifhorn. Ausstellungen, Vorträge und Workshops zum Thema »Meteorite«. Info: Rainer Bartoschewitz, Lehmweg 53, D-38518 Gifhorn, Tel.: 05371 58281, E-Mail: Bartoschewitz.Meteorite-Lab@t-online.de, Internet: www.Meteorite-Lab.de

21.5.: ATT-Astronomiebörse in Essen. Der Verein für Volkstümliche Astronomie veranstaltet hier die größte Astronomiebörse Deutschlands. In der Gesamtschule Bockmühle, Ohmstraße 32, D-45143 Essen, wird es von 10 bis 18 Uhr neben einem Flohmarkt für Teleskope und Zubehör astronomische Vorträge und die Präsentation verschiedener Sternwarten geben. Info und Anmeldung: Verein für Volkstümliche Astronomie e.V., Weberplatz 1, D-45127 Essen, E-Mail: vva.essen@astronomie.de, Internet: www.astronomie.de/att-essen

24.5.: Hundertjähriges Jubiläum des Vereins der Volkssternwarte Regensburg mit Vorträgen namhafter Professoren und Referaten von Mitgliedern. Bei schönem Wetter können die Sonne oder Deep-Sky-Objekte beobachtet werden. Info und Anmeldung: Volkssternwarte Regensburg, Ägidienplatz 2, D-93047 Regensburg, Tel.: 0941 562682, E-Mail: Astronomie@sternwarte-regensburg.de, Internet: www.sternwarte-regensburg.de

28.5.: Treffen der Bundesdeutschen Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne (BAV) in Hartha, Kreis Döbeln (Sachsen). Ab 9.30 Uhr versammeln sich die Hobbyastronomen in der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte, Töpelstr. 43, D-04746 Hartha. Info: Werner Braune, Münchener Straße 26, D-10825 Berlin, Tel.: 030 7848453, E-Mail: zentrale@bav-astro.de, Internet: www.sternwartehartha.de

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen!
Für die Juniausgabe schicken Sie bis zum 25. April 2005 eine E-Mail an:
redaktion@astronomie-heute.de

ANZEIGE

ANZEIGE

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!

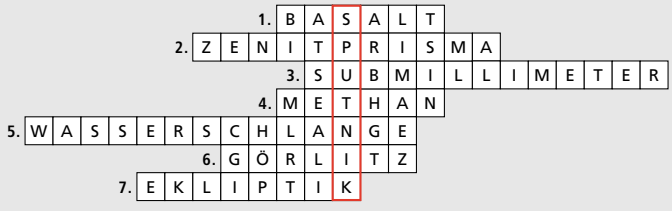
1. Preis: Meade ETX-105 Astroscope UHTC-vergütet. Mit 1470 Millimeter Brennweite (f/14), motorisiertem Antrieb, AutoStar-Steuerung und Zubehör, Wert 995,– €.

2. – 20. Preis: Spektrum Sweatshirt-Jacke Baumwolle, dunkelblau, Größe XL mit Aufdruck »Spektrum-Verlag« in weiß, im Wert von 50,– €.

21. – 30. Preis: Standfigur »Einstein« Karton, schwarz-weiß, Maße 160 mal 55 Zentimeter, Wert 34,50 €.

31. – 200. Preis: Online-Abos, Bücher (z.B. Einstein-Biografien), Uhren u.v.m.)

Lösung des Preisrätsels im März-Heft:



LÖSUNG:
Sputnik (erster künstlicher Satellit)

Gewinner des Preisrätsels: 1. Werner Wolf, Freital (Metall-Gyroskop) 2. Berdt Hofmann, Mittenwalde (BBC-Bildband »Weltraum«) 3. – 5. Klaus Riesenmey, Wettswil (Schweiz); Reinhard Behme, Stadthagen; Dieter Hartmann, Wurmlingen (Kosmos Himmelsführer)

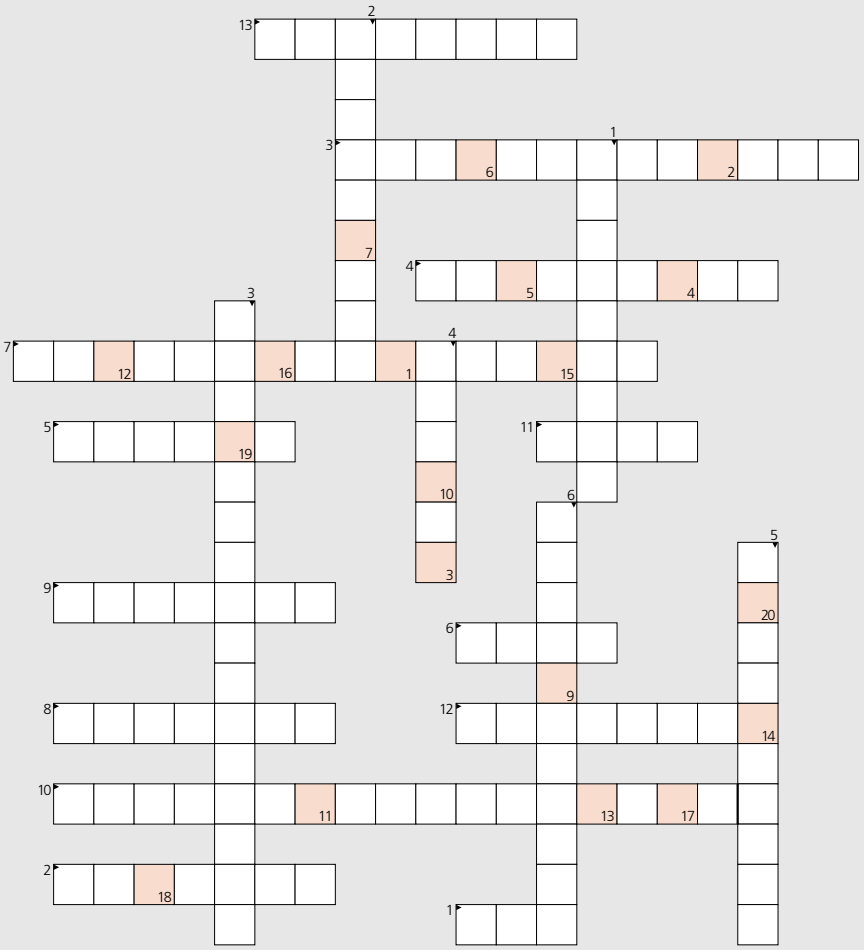
Senkrecht

1) 1933 emigriert Einstein in die USA und erhält eine Anstellung an der Universität …
2) 1939 schreibt Einstein einen Brief über die Entwicklung der Atombombe an Präsident …
3) Eine der Kernaussagen der Speziellen Relativitätstheorie lautet: »Es gibt keine …«
4) 1952 lehnte Einstein es ab, Staatspräsident von … zu werden.
5) Einstein ernährte sich ausschließlich als …
6) Direkter Nachbar des chemischen Elements Californium mit aufsteigender Ordnungszahl

Waagerecht

1) Einstein wurde 1879 geboren in
2) Seine erste Ehefrau Mileva Maric, die Einstein 1902 heiratete, stammte aus …
3) Einsteins jüngerer Sohn Eduard erkrankte schon früh an der Geisteskrankheit …
4) Seine erste Anstellung fand Einstein in Bern, und zwar im …
5) 1914 wird Einstein Professor am neu gegründeten Kaiser-Wilhelm-Institut in …
6) 1919 heiratet Einstein seine Kusine …
7) 1921 erhält Einstein den Nobelpreis für Physik für seine Forschungen zum … Effekt
8) Seit 1884 spielte Einstein begeistert …
9) Obwohl ihn das Nationalsozialistische Regime 1934 offiziell ausbürgerte, war er schon seit 1901 Staatsbürger der …
10) 1905 erschien seine Dissertation »Eine neue Bestimmung der …«
11) Im Rahmen seiner zweiten Amerikareise wurde Einstein 1931 Ehrenhäuptling des Indianerstamms der …
12) Ein berühmtes Zitat von Einstein lautet: »Gott … nicht.«
13) Die Einstein-Rosen-Brücke ist umgangssprachlich auch bekannt als …

ANZEIGE



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE Einstein-Quiz, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. **Einsendeschluss ist der 31.7.2005.** Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der Oktober-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 15. September 2005.

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,– €	32,– €
jede weitere Zeile	5,– €	5,50 €

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

Großer Spektivtest

Im zweiten Teil unseres Praxistests haben wir sieben Handteleskope renommierter Hersteller für Sie auf Herz und Nieren geprüft

HINTERGRUND: S&T, DENNIS D. CICCO; SPEKTIV: STEFAN SEIPP

NIGHT SKY, ALAN DYER

Wunder der Atmosphäre

Auch am Tag hält der Himmel manch atemberaubende Erscheinungen für uns parat

Sucherfernrohr-Check

Wir zeigen Ihnen im nächsten Heft, wie Sie das Sucherfernrohr Ihres Teleskops optimieren

NIGHT SKY, C.M. UTTER

OHB-SYSTEM

Weltraumschnecke

Nicht nur Schnecken, sondern auch Fische und Wasserpflanzen aller Arten flogen bereits im Auftrag der Weltraumforschung ins All

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker, Stephan Fichtner, Dr. Frank Schubert, Dr. Joachim Schüring
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 104840, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-711, Fax: 06221 9126-729
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 104840, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Mitarbeit in diesem Heft: Clemens Bayer, Corinna Karow, Carolin Konermann, Dagny Lüdemann, Dr. Stefanie Reinberger, Stefan Seip, Sven Titz
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Leser-Service: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Julius-Hölder-Straße 47, 70597 Stuttgart-Degerloch, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 227 067 08, Postbank Stuttgart (BLZ 600 700 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 3 vom 1. November 2004.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2005 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. McCreary

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.